



Verhaltensbezogene Lärminderungsmaßnahmen

Berichte der Bundesanstalt für
Straßen- und Verkehrswesen
Verkehrstechnik Heft V 406

Verhaltensbezogene Lärminderungsmaßnahmen

Untersuchung des Potenzials von verhaltensbezogenen
Lärminderungsmaßnahmen in der Praxis

von

Marco Conter, Martin Czuka

AIT Austrian Institute of Technology GmbH (AIT), Wien

André Fiebig, Cleopatra Moshona

Technische Universität Berlin (TUB)

Die Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen (BASt) veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe Berichte der Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

A - Allgemeines
B - Brücken- und Ingenieurbau
F - Fahrzeugtechnik
M - Mensch und Sicherheit
S - Straßenbau
V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der BASt, Stabsstelle Presse und Kommunikation.

Die Hefte der Schriftenreihe Berichte der Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen können direkt bei der Carl Ed. Schünemann KG bezogen werden. Seit 2015 stehen sie zusätzlich als kostenfreier Download im elektronischen BASt-Archiv ELBA zur Verfügung: <https://bast.opus.hbz-nrw.de>

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt 69.0013
Verhaltensbezogene Lärminderungsmaßnahmen

Fachbetreuung:
Fabio Strigari

Referat:
Umweltschutz, Immissionen

Herausgeber:
Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon: (0 22 04) 43 - 0

Redaktion:
Stabsstelle Presse und Kommunikation

Gestaltungskonzept:
MedienMélange:Kommunikation

Druck, Verlag und Produktsicherheit:
Fachverlag NW in der Carl Ed. Schünemann KG
Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 0 | E-Mail: kontakt@schuenemann-verlag.de
www.schuenemann-verlag.de

ISSN 0943-9331 | ISBN 978-3-95606-871-3 | <https://doi.org/10.60850/bericht-v406>

Bergisch Gladbach, Juli 2025

Die vorliegende Studie wurde im Rahmen des BMV-Forschungsnetzwerks „Wissen – Können – Handeln“ durch das Bundesministerium für Verkehr (BMV) finanziert.

Das BMV-Forschungsnetzwerk (ehemals BMDV-Expertennetzwerk) ist ein verkehrsträger- und behördenübergreifendes Forschungsformat in der Ressortforschung des BMV. Unter dem Leitmotiv „Wissen – Können – Handeln“ haben sich sieben Ressortforschungseinrichtungen und Fachbehörden des Bundesministeriums für Verkehr (BMV) 2016 zu einem Netzwerk zusammengeschlossen. Ziel ist es, drängende Verkehrsfragen der Zukunft in den Bereichen Klimawandel, Umweltschutz, zuverlässige Infrastruktur, Digitalisierung, erneuerbare Energien und verkehrswirtschaftliche Analysen zu erforschen.

Kurzfassung

Verhaltensbezogene Lärminderungsmaßnahmen

Untersuchung des Potenzials von verhaltensbezogenen Lärminderungsmaßnahmen in der Praxis

Lärm gehört zu den führenden umweltbezogenen Gesundheitsrisiken (WHO, 2018). Viele Menschen sind gesundheitsgefährdendem Verkehrslärm ausgesetzt und fühlen sich dadurch gestört und belästigt. Daher gilt es, Maßnahmen zur Reduzierung von Geräuschbelastungen auf allen Interventionsebenen zu planen und umzusetzen (van Kamp et al., 2019). Neben Maßnahmen an der Quelle und Ausbreitungsweg sowie passiver Maßnahmen am Immissionsort sind weitere Strategien für angemessenen Gesundheitsschutz erforderlich. Zur Ausschöpfung der Möglichkeiten zur Minderung von Straßenverkehrslärm rückt daher zunehmend verhaltensbedingter Lärm in den Blickpunkt. Menschen tragen durch lärmprovozierendes Verhalten zur Verschärfung des Lärmproblems bei. Studien belegen, dass unterschiedliche Fahrweisen einen erheblichen Einfluss auf die Geräuschentwicklung haben (siehe z.B. Hammer et al., 2016). Jedoch bleiben die Faktoren, die lärmbewusstes Verhalten hemmen bzw. fördern, aufgrund fehlender Studien unklar. Lärmbewusstes Verhalten wird im Folgenden verstanden als Einsicht in die Gefährdung des Menschen durch anthropogenen Lärm, verbunden mit der aktiven Bereitschaft die negativen Auswirkungen des eigenen lärmrelevanten Handelns zu minimieren.

Zur Untersuchung des Potentials zur Minderung von Straßenverkehrslärm durch lärmbewusstes Verhalten wurden eine explorative Befragung sowie experimentelle Untersuchungen im Realverkehr und ein Hörexperiment realisiert. Die Befragung, bei über 400 Personen aus dem DACH-Raum teilnahmen, zeigte, dass das Konstrukt „lärmbewusstes Verhalten“ auf Basis von Fragen zum Verhalten im Alltag mit Geräuschbezug operationalisierbar ist. Dabei zeigte das entwickelte Konstrukt Zusammenhänge mit diversen Variablen, wie mit dem Alter oder Bildungsgrad aber auch mit der Verantwortungsübernahme, der Werteorientierung, dem Kaufverhalten oder der Fahrweise. Dabei deutete sich an, dass lärmbewusstes Verhalten oft nur dauerhaft etabliert wird, wenn dies mit persönlichen Vorteilen einher geht. So wird als wichtigstes Motiv zur Anwendung von Eco-Drive die Einsparung von Kraftstoff genannt, was unmittelbare finanzielle Vorteile bietet, wohingegen die Lärmvermeidung nur ein untergeordnetes Motiv darstellte.

Auf Basis von experimentellen Untersuchungen wurden weitere Erkenntnisse zu den Auswirkungen von Interventionen auf das Lärmverhalten im Straßenverkehr generiert. Hierbei wurden in einem Realversuch im Fließverkehr die Einflüsse von Hinweisgebern auf die aktive Selbstregulierung von Kraftfahrzeugfahrenden untersucht. Die Hinweisgeber wurden in Form eines ortsfesten Hinweisgebers sowie eines visuellen Feedback-Systems im Fahrzeug realisiert. Die Ergebnisse zeigten keine statistisch signifikanten Effekte der Hinweisgeberarten. Der statische externe Hinweisgeber zeigte jedoch einen Trend zur Lärminderung im örtlichen Umfeld des Schildes, was bei Nutzung von interaktiven statischen Lärm-Displays in der Größenordnung von 0,5 bis 1,0 dB bereits belegt wurde (Heusser & Heutschi, 2022). Externe Hinweisgeber können somit lärmbewusstes Fahrverhalten fördern. Dagegen wurde kein lärmbewussteres Fahrverhalten durch einen internen digitalen Informationsgeber zur

Anzeige der momentanen Lärmemission beobachtet. Ohne explizite Erklärung der Bedeutung des Hinweisgebers für die Probanden und weitere Informationen zur Relevanz der Vermeidung von Verkehrslärm war eine Verhaltensänderung nicht zu beobachten.

Als weitere akustische Maßnahmenbewertung wurden Vorbeifahrtsmessungen durchgeführt, die das Minderungspotential bei ausgewählten Fahrweisen bestätigten. Der Vorbeifahrtspegel ließ sich beispielsweise bei einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor durch frühes Hochschalten um einige dB reduzieren. Bei einem Elektrofahrzeug zeigte sich dagegen ein geringeres fahrmanöverabhängiges Lärminderungspotential.

Basierend auf einen Hörversuch wurde die perzeptive Wirkung der in den Messungen implizit enthaltenen lärmprovozierenden Verhaltens- und Fahrweisen untersucht. Es zeigte sich, dass auffällige Einzelereignisse, die lärmprovozierende Verhaltensweisen widerspiegeln (z.B. Hupen, Kavaliersstart, laute Motorräder), eine erhöhte Störwirkung verursachen, die nicht ausreichend durch den Mittelungspegel abgebildet wird. Die markanten Ereignisse wirkten sich bei Einzelvorbeifahrten wie auch in komplexen Straßenverkehrsszenen nicht nur auf die Lärmbelästigung, sondern auch auf andere Wahrnehmungsqualitäten (wie die empfundene Nähe, Dynamik oder Schärfe der Geräusche) aus. Bei auffälligen Einzelereignissen stellte sich eine pegeläquivalente erhöhte Störwirkung in einer Größenordnung von ca. 3 bis 4 dB ein.

Auf Basis der empirischen und messtechnischen Ergebnisse in Verbindung mit Erkenntnissen aus der Literatur wurde ein Maßnahmenkatalog erstellt, der Möglichkeiten der Förderung von lärmbewusstem Verhalten im motorisierten Individualverkehr beinhaltet. Die Maßnahmen lassen sich dabei neben der personalen Ebene auf der physisch-materiellen, sozio-ökonomischen, soziokulturellen sowie rechtlich-politisch-administrativen Ebene ansetzen. Die im Katalog aufgeführten Maßnahmen müssen hinsichtlich deren Wirksamkeit zur nachhaltigen Lärminderung in weiteren Studien evaluiert werden.

Abstract

Behavior-related noise reduction measures

Investigation of the potential of behavior-related noise reduction measures in practice

Noise is one of the leading environmental health risks (WHO, 2018). Many people are exposed to harmful traffic noise and feel disturbed and annoyed by it. It is therefore important to plan and implement measures to reduce noise pollution at all intervention levels (cf. van Kamp et al., 2019). In addition to the measures at the source and propagation path as well as passive measures at the receiver site, further strategies are required for adequate health protection. To exploit the options for reducing road traffic noise, the focus is therefore increasingly shifting to noise caused by behavior. People can contribute to noise problems through noise-provoking behavior. Studies show that different driving styles have a significant influence on noise generation (see e.g. Hammer et al., 2016). However, the factors that inhibit or promote pro-environmental noise behavior remain unclear due to a lack of studies. In the following, pro-environmental noise behavior is understood as an awareness of the danger posed to humans by anthropogenic noise combined with an active willingness to minimize the negative effects of one's own noise-relevant actions.

To investigate the potential for reducing road traffic noise through pro-environmental noise behavior, an exploratory online survey, experimental studies in real traffic and a listening experiment were carried out. The survey with over 400 participants from the DACH region showed that the construct “pro-environmental noise behavior” can be operationalized based on questions about everyday behavior related to noise. The developed construct showed correlations with various variables, such as age or level of education, but also with the responsibility, value orientation, purchasing behavior or driving style. There were indications that pro-environmental noise behavior is often only permanently established if it is accompanied by personal benefits. For example, the most important motive for using eco-drive is saving fuel, which offers direct financial benefits, whereas noise avoidance was only a secondary motive.

Further findings on the effects of interventions on noise behavior in road traffic were generated based on experimental studies. In experiments in real traffic, the influence of warning and information devices on the active self-regulation of motor vehicle drivers was investigated. The indicators were implemented in the form of fixed signs along the road and a visual feedback system in the vehicle. The results showed no statistically significant effects for both types of indicators. However, the static external sign showed a trend towards noise reduction in the local vicinity of the sign, which has already been proven when using interactive static noise displays in the range of 0.5 to 1.0 dB (Heusser & Heutschi, 2022). External indicators can therefore promote noise-aware driving behavior. In contrast, no noise-aware driving behavior was observed with an internal digital information display for indicating the current noise emission. No change in behavior was observed without any explicit explanation of the meaning of the information device to the participants and without providing information about the general relevance to reduce traffic noise.

As a further acoustic measure evaluation, pass-by measurements were carried out, which confirmed the reduction potential for selected driving modes. For example, in the case of a vehicle with internal combustion engine, the pass-by sound pressure levels could be reduced by a few dB by shifting up early (to reduce rpm¹). In contrast, measurements performed with an electric vehicle showed a lower maneuver-dependent noise reduction potential.

Based on a listening experiment, the perceptual effect of noise-provoking behavior and driving styles implicit in the measurements was investigated. It was found that conspicuous and salient noise events that reflected noise-provoking behaviors (e.g. honking, cavalier starts, loud motorcycles) cause an increased annoyance that is not sufficiently reflected by the energy-equivalent sound pressure level. The salient events had an effect not only on the annoyance but also on other perceptual qualities in the case of individual pass-by events as well as complex road traffic scenes. In the case of salient and prominent individual events, a level-penalty for increased annoyance in the range of 3 to 4 dB was observed.

Based on the empirical and measured results in combination with findings from the literature, a catalogue of measures was developed that includes options for promoting pro-environmental noise behavior in motorized private traffic. In addition to the personal level, the measures can be applied at the physical-material, socio-economic, socio-cultural and legal-political-administrative levels. The measures listed in the catalogue must be evaluated in further studies with regard to their effectiveness for sustainable noise reduction.

¹ Revolution per minute.

Summary

Behavior-related noise reduction measures

Investigation of the potential of behavior-related noise reduction measures in practice

Noise in general, and traffic noise in particular, is one of the major environmental health risks (WHO, 2018). Many people are exposed to harmful traffic noise and feel disturbed or annoyed by traffic noise. The greatest part of the lost healthy life years due to road traffic noise is related to high annoyance, sleep disturbance, ischaemic heart diseases and premature mortality (EAA, 2020). To reduce harmful noise exposure and minimize extra-aural noise effects, measures must therefore be designed and implemented at all intervention levels (van Kamp et al., 2019). It is becoming increasingly clear that, in addition to technical noise reduction measures at the source and along the propagation path as well as passive measures at the receiver, further strategies and measures are required to achieve ambitious noise protection targets and to adequately protect human health.

Noise reduction potential due to pro-environmental noise behaviour

To exploit the possibilities of reducing road traffic noise, the focus is therefore increasingly shifting to behaviour-related noise. People can through noise-provoking behaviour contribute to the noise problem or can through considerate, pro-environmental noise behaviour reduce noise conflicts. In motorized private transport in particular, the influence of behaviour on noise generation appears to be considerable. It is known that noise-provoking driving behaviour generates higher sound pressure levels (Hammer et al., 2016; Calvo et al., 2012). In addition, pilot projects using measuring devices to detect particularly loud vehicles (so-called noise radar technologies) show an enormous occurrence of behaviour-related noises in real traffic (Berlin, 2023). The influence of conspicuous sound pressure level peaks on the energy-equivalent continuous sound pressure level in road traffic noise is low, although such loud noise events are partly the result of behavioural and regulatory influences, such as speeding and honking (Müller et al., 2021). In addition, it can be assumed that loud noise events, which are often considered avoidable by exposed persons, are particularly relevant for noise annoyance (Fastl, 1991; Guski, 2001; Fiebig & Sottek 2015). Similarly, in the field of neighbourhood noise, which is the most critical noise source in Germany after road traffic noise, it can be observed that considerable annoyance results from behaviour-related noise.

Despite the potential for noise reduction through increased noise awareness and more considerate and pro-environmental noise behaviour, surveys on these topics from the perspective of the people causing noise are relatively rare. While considerable data is available in the field of noise impact research from the perspective of those affected, factors and aspects that inhibit or promote pro-environmental noise behaviour have been addressed so far only to a limited extent. Therefore, it is not yet clear which interventions can sustainably promote pro-environmental noise behaviour and how great the noise reduction potential is through voluntary behavioural adjustments, both in terms of physical measurement and perception (see Moser et al. 2013).

Methods used during the project

As part of an explorative study based on a comprehensive literature study and an extensive online survey with over 400 participants from the DACH area (i.e., Germany, Austria, and Switzerland), as well as with the help of experimental investigations in real traffic conditions and a subsequent listening experiment, the topic of noise awareness and pro-environmental noise behaviour was examined in more detail and a catalogue of measures was developed.

Definitions of noise awareness and pro-environmental noise behaviour

Based on the current definitions of environmental awareness and considering the synthesis from the literature study, the terms "noise awareness" and "pro-environmental noise behaviour" were defined during the first part of the project. Accordingly, noise awareness includes the realization that anthropogenic noise poses a threat to the natural resources of humans, animals, and nature, combined with the willingness to take remedial action. In addition, the term "pro-environmental noise behaviour" also includes an active component of personal noise avoidance. This means that the focus is on consciously minimising the negative effects of one's own noise-relevant actions on the natural and built environment.

Survey on noise awareness and pro-environmental noise behaviour

The survey showed that the construct "pro-environmental noise behaviour", which was determined using several questions on noise-related behaviour in everyday life, can be in principle operationalised and measured. When measuring the construct "pro-environmental noise behaviour", the data showed various correlations with other variables, such as age or level of education. The data suggests that the construct "pro-environmental noise behaviour" is related to various other factors, such as acceptance of responsibility, problem awareness, value orientation, purchasing behaviour or driving style in private motorised transport. The individual's own reported noise annoyance also correlated with the individual value of pro-environmental noise behaviour. It is possible that noise exposure also has an effect on the individual noise-related behaviour.

Furthermore, although there was a higher level of agreement with altruistic and biospherically framed environmental statements, there was also a higher level of agreement with egoistic value orientations, which means that although environmental protection is advocated, it is often practised mainly for personal benefit. Parallels can be drawn with pro-environmental noise behaviour. Pro-environmental noise behaviour is presumably only established if it results in a personal benefit, e.g., the purchase of low-noise household appliances to increase one's own comfort or in the case of special purchase incentives for low-noise products. It was also observed that taking personal responsibility for reducing road traffic noise was not very pronounced, even if most participants considered the problem of noise to be relevant. It was also shown that frequent drivers were less in favour of implementing measures to reduce road traffic noise.

Regarding an ecological driving style (also known as eco-driving), most participants were unaware of the term, even though many elements of ecological driving styles were regularly used by the respondents according to their own statements. However, it became apparent that an ecological and economical driving style is used less for reasons of noise reduction and noise relief for the environment, but primarily to save fuel, which offers direct monetary advantages.

Experimental studies in real traffic

Further findings on the possible effects of interventions on pro-environmental noise behaviour in road traffic were generated based on experimental studies in real traffic. The possible influence of visual cues on the active self-regulation of drivers was investigated in a study in real road traffic. The warning and information devices were realized externally and internally in the form of a static, stationary warning and information device and an interactive visual feedback system - adaptively controlled in the vehicle by current vehicle parameters. The participants were deliberately not fully informed about the interventions, i.e., they were not informed about the actual object of the study (in this case the influence of visual cues on driving behaviour).

The results of the test drives showed no statistically significant effects of the types of signalling devices between the control and experimental groups. However, the presence of a static external cue showed a trend towards noise reduction (lower vehicle speeds and lower engine speeds) in the immediate vicinity of the sign, which was also confirmed in the context of the use of interactive noise displays with adaptive display by extensive statistical analyses with an average level reduction of 0.5 to 1.0 dB (Heusser & Heutschi, 2022). External indicators in form of signs coupled with interactive feedback on noise emissions can therefore promote low-noise driving behaviour, at least close to the installation site. In contrast, no clear systematic strengthening of pro-environmental noise driving behaviour in road traffic through the presence of the digital cue on driving-related noise emissions was observed. This showed that an explanatory contextual frame of reference for interactive noise displays must be created to achieve an effect on driving behaviour. Therefore, a measure without content embedding, as implemented here in the context of the test drives, had no significant effect, as the participants were not fully informed about the real motivation of the study.

As a further evaluation of a measure, controlled pass-by measurements were carried out with the same test vehicles used in the field test (a vehicle with internal combustion engine and an electric vehicle). The noise reduction potential was confirmed for selected driving behaviour and driving modes. For example, the pass-by noise level of the vehicle with an internal combustion engine was reduced by several dB simply by shifting up early reducing also the engine speed. As expected, there were also differences in the pass-by noise level between pass-by manoeuvres at constant speed and accelerated pass-by conditions. In contrast, the electric vehicle showed less driving manoeuvre-dependent differences in the pass-by level.

Noise ratings in the listening experiment

Based on a listening experiment in the Mixed Reality Lab at the Berlin University of the Arts (UdK), the perceptual effect of noise-provoking behaviour and driving patterns implicit in the pass-by measurements was investigated in more detail. As called for in Müller et al. (2021), the aim of the study was to specifically determine the annoyance effect of conspicuous, salient noise events that cause temporary level peaks. The signals, individual pass-by events and complex road traffic scenes with a duration of 40s, were evaluated regarding 8 different aspects, which were selected as representatives of fundamental perceptual dimensions of road traffic noise (see Schweidler et al., 2024).

It was found that salient individual noise events, some of which reflected noise-provoking behaviour in road traffic (honking, jackrabbit starts, loud motorbike passes, accelerations), caused an increased annoyance effect. The noise events have an effect on the

multidimensional perception and evaluation of the signals. For example, there was an increased potential for annoyance during accelerated pass-by manoeuvres compared to constant speed manoeuvres regardless of the specific type of driving, provided that the average sound pressure level is used as an evaluation parameter. The analysis of complex urban road traffic noises also showed that temporary conspicuous individual noise events resulted in a level-equivalent penalty in the range of 3 to 4 dB. Based on the results of the listening experiments, the potential for reducing noise annoyance by frequently avoiding conspicuous individual events, such as noise-provoking driving behaviour, could be estimated to be in the range of 3 dB.

Catalogue of measures to promote pro-environmental noise behaviour

Based on the empirical and experimental results in conjunction with a systematic literature study, a catalogue of measures was drawn up, listing concrete possibilities for promoting pro-environmental noise behaviour in motorized private transport. According to the model of Moser et al. (2013), measures can be identified at various levels, which include, in addition to the personal level, the physical-material, socio-economic, socio-cultural, and legal-political-administrative levels. The survey, in which the interviewees frequently commented via free text input on the possibilities of promoting pro-environmental noise behaviour, also showed that measures are required at several levels. In addition to measures at the socio-economic level, which create (monetary) incentives for more pro-environmental noise behaviour, measures at the legal-political-administrative level were also proposed, such as penalizing noise violations, banning loud components or tightening type approval requirements. The clear reference to the legal-political-administrative level illustrates the in some cases low personal responsibility taking and the desire for a social regulation of noise conflicts at a higher, non-personal level.

The main aspects of the proposed measures are related not only to road traffic, but also to other transport modes such as rail and waterway transport. The fundamental behaviour-related potential for reducing traffic noise for other transport modes was discussed in specific expert talks. In the area of rail transport, noise could be reduced primarily through technical and organizational measures, e.g., through forward-looking planning by train dispatchers to relieve noise-sensitive areas, in the design of acoustic signals, through improved loading control of freight wagons to avoid rattling or empty runs, through greater efforts to maintain vehicles and rails supported by more frequent inspection and repair intervals. However, in contrast to motorized private transport on the road, the possibilities for reducing noise through behaviour are here limited. In the case of waterway transport there appear to be narrow limits to noise reduction in professional shipping through adapted behaviour as well and the possibilities for noise reduction in normal operation are limited. Here, technical, and organizational measures can have a noise-reducing effect, such as the use of hydraulic stilts to avoid chain rattles or a shore-based power supply to avoid the use of generators. On the other hand, there is potential for noise reduction through pro-environmental noise behaviour in recreational boating, as behavioural aspects play a greater role and noise conflicts are frequently reported in this field.

Outlook

The measures listed in the catalogue must be systematically evaluated in further studies regarding their effectiveness and impact on sustainable noise reduction to be able to develop specific strategies.

In addition, the instrument of the "pro-environmental noise behaviour" can be examined and validated regarding the re-test-reliability and then be used for future measurement of the effect of intervention measures.

A closer examination of the psychoacoustic aspects on the reduction of loud events in road traffic achieved by the application of the proposed measures seems also necessary. Established prediction models on the relevance of loud individual events for extra-aural noise effects are still not available. How do measures that sustainably reduce the number of avoidable loud events or noise-provoking driving behaviour in road traffic affect noise annoyance?

Regarding the use of an in-vehicle noise behaviour display, the study using a prototype system showed no statistically significant influence on the driving behaviour - however, the question arises as a more sophisticated system could have a positive influence on noise-related driving behaviour if used over a longer time by a larger test group.

For the rail transport mode, possible noise reduction potentials could be investigated in more in-depth analyses of processes in the infrastructure area as well as in the driving behaviour with rail vehicles.

In recreational boating, the potential for noise reduction through education and information campaigns as well as increased controls and penalties for noise-related offences could be investigated also in more detail.

Literature

Berlin (2023). Kurzbericht zum Pilotprojekt „Lärmblitzer“, Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt, Abteilung I - Umweltpolitik, Abfallwirtschaft, Immissionsschutz, Referat I C – Immissionsschutz, Berlin, <https://www.berlin.de/sen/uvk/umwelt/laerm/laermminderungsplanung-berlin/projekte/verhaltensbedingter-verkehrslaerm/>

Calvo, J.A., Alvarez-Caldas, C., San Romana, J.L. & Cobob, P. (2012). Influence of vehicle driving parameters on the noise caused by passenger cars in urban traffic, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 17 (7), 509-513

EEA (2020). Environmental noise in Europe - 2020, European Environmental Agency, EEA Report, No. 22/2009, Kopenhagen, Dänemark

Fastl, H. (1991). Beurteilung und Messung der äquivalenten Dauerlautheit, *Zeitschrift für Lärmbekämpfung* 38, Springer-Verlag, 98-103

Fiebig, A. & Sottek, R. (2015). Contribution of peak events to overall loudness, *Acta Acustica united with Acustica*, Vol. 101 (6), 1116-1129

Guski, R. (2001). Physikalische und nicht-physikalische Faktoren, die zu globalen Lästigkeitsurteilen beitragen, *DAGA 2001, Tagungsband*, Oldenburg, 230-232

Hammer, E., Egger, S., Saurer, T. & Bühlmann, E. (2016). Road traffic noise emission modelling at lower speeds. *Proceedings of the 23rd International Congress on Sound and Vibration*, Tagungsband, Athen, Griechenland

Heusser, A. & Heutschi, K. (2022). Lärmdisplay – Lärmwirkung Metaanalyse 2022, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bericht-Nr. 5214.029297

Moser, S. Fischer, M., Lauper, E., Hammer, T. & Kaufmann-Hayoz, R. (2013): Vermeiden von Umweltlärm ein Phasenmodell individueller Handlungsänderung. *Arbeitspapiere aus der IKAÖ*, Nr. 8, Universität Bern

Müller, S., Huth, C. & Liepert, M. (2021). Zusammenhang reduzierter Geräuschgrenzwerte mit den in-use Geräuschemissionen bei unterschiedlichen Verkehrssituationen, *BAST-Bericht V 346*

van Kamp, I., Brown, A.L. & Schreckenberg, D. (2019). Soundscape approaches in urban planning: Implications for an intervention framework, *ICA 2019, Tagungsband*, Aachen, 2019

WHO (2018). Environmental Noise Guidelines for the European Union, Regional Office for Europe, Kopenhagen, Dänemark

Inhalt

1	Einleitung	16
1.1	Relevanz des Themas Lärm	16
1.2	Ziele des Forschungsvorhabens und Gliederung dieses Berichtes	17
1.2.1	Ziele und Forschungsfragen des Projektes	17
1.2.2	Struktur dieses Berichtes	18
1.2.3	Ziel der Literaturstudie	19
1.2.4	Ziel der Online-Befragung	19
1.2.5	Ziel der Realversuche und der akustischen Bewertung	19
2	Literaturstudie	21
2.1	Methodik der Literaturrecherche	21
2.2	Psychologisches Handlungsmodell und Determinanten lärmbewussten Verhaltens	26
2.2.1	Psychologisches Handlungsmodell lärmbewussten Verhaltens	26
2.2.2	Psychologische Determinanten lärmbewussten Verhaltens	27
2.2.3	Soziodemographische Determinanten lärmbewussten Verhaltens und diverse Aspekte des Handlungsumfelds	30
2.3	Kenntnisstand zum Stellenwert lärmbewussten Verhaltens im Straßenverkehr	32
2.4	Kenntnisstand zum Lärmreduktionspotential von lärmbewusstem Verhalten im Straßenverkehr	33
2.5	Definition von Lärmbewusstsein und lärmbewusstem Verhalten	34
3	Befragung zum Lärmbewusstsein und Lärmverhalten	35
3.1	Konzeption und Entwicklung des Fragebogens und Vorversuche	35
3.1.1	Konzeption und inhaltliche Struktur des Fragebogens	35
3.2	Umsetzung der Online-Befragung auf der Plattform SoSci-Survey (Hauptstudie)	37
3.3	Auswertung der Online-Befragung	38
3.3.1	Methodik der Auswertung	38
3.3.2	Stichprobe	38

3.3.3	Bewertung der Lärmbelästigung	40
3.3.4	Lärmempfindlichkeit und Sozialverträglichkeit	42
3.3.5	Maßnahmenakzeptanz zur Minderung von Straßenverkehrslärm	44
3.3.6	Motorisierter Individualverkehr, Fahrweisen und Eco-Drive	49
3.3.7	Lärmbewusstes Kaufverhalten	56
3.3.8	Werteorientierung	57
3.3.9	Verantwortungsübernahme	58
3.3.10	Lärmverhalten	61
3.3.11	Konstruktentwicklung und Zusammenhänge zwischen den Konstrukten	64
3.4	Schlussfolgerungen der Online-Befragung	73

4 Realversuche und akustische Bewertungen _____ 75

4.1	Fahrversuch im Fließverkehr	75
4.1.1	Versuchskonzept und -durchführung	75
4.1.2	Technische Realisierung	78
4.1.3	Ergebnisse und statistische Analysen	82
4.1.4	Einordnung der Ergebnisse im Kontext von bestehenden Untersuchungen	85
4.2	Akustische Maßnahmenbewertung	86
4.2.1	Messkonzept und -durchführung	86
4.2.2	Ergebnisse und Diskussion	88
4.3	Ermittlung der durch verschiedene Fahrweisen bedingten Lärmbelästigung	92
4.3.1	Einleitung	92
4.3.2	Methodik	92
4.3.3	Ergebnisse	94
4.3.4	Diskussion der Hörversuchsergebnisse	98
4.4	Schlussfolgerungen der Realversuche und der akustischen Bewertung	99

5 Maßnahmen zur Förderung lärmbewussten Verhaltens _____ 101

5.1	Allgemeine Maßnahmen zur Förderung lärmmindernder Verhaltensweisen	101
5.2	Ableitung eines Maßnahmenkatalogs im Kontext des motorisierten Individualverkehrs auf der Straße	103
5.3	Verhaltensbezogene Lärmkonfliktfälle im Bereich weiterer Verkehrsträger	107

6	Schlussfolgerungen und Ausblick	109
6.1	Schlussfolgerungen	109
6.2	Ausblick	111
	Literatur	113
	Abbildungen	120
	Tabellen	125
	Anhang A	128
A.1	Auflistung der 26 identifizierten einschlägigen Publikationen auf Basis der Literaturrecherche mit SCOPUS	128
	Anhang B	131
B.1	Fragebogen der Online-Befragung	131
	Anhang C	161
C.1	Daten zur Online-Befragung	161
	Anhang D	166
D.1	Verwendetes Messequipment	166
D.2	Ergänzende Ergebnisse zu Experimentaluntersuchungen	167
	Anhang E	168
E.1	Akustische Parameter der Hörversuchsstimuli	168

1 Einleitung

1.1 Relevanz des Themas Lärm

Lärm zählt weltweit zu den führenden umweltbedingten Gesundheitsrisiken. Allein in Westeuropa gehen geschätzt jährlich über eine Million gesunde Lebensjahre durch Straßenverkehrslärm verloren (WHO 2018). In Deutschland waren im Jahr 2022 knapp 20% der Bevölkerung Straßenverkehrslärm von über 55 dB(A)² ausgesetzt, was bereits über den durch die WHO empfohlenen Schwellenwert zur Vermeidung von gesundheitlichen Auswirkungen liegt (UBA 2024). Darüber hinaus sind deutlich über 10% der Bevölkerung nächtlichem Lärm durch Straßenverkehrsgläusche von über 50 dB(A) ausgesetzt (UBA 2024). Zudem gibt ca. nur ein Viertel von befragten Personen in Deutschland an, sich nicht durch Straßenverkehrsgläuschen gestört oder belästigt zu fühlen (UBA 2020). Straßenverkehrslärm zählt daher zur dominantesten Geräuschquelle, die vielfach zu Lärmbelästigung führt aber auch andere extra-aurale Lärmwirkungen bedingt. Daher werden erhebliche Anstrengungen unternommen, Straßenverkehrslärm und damit den Anteil an belästigten Personen zu reduzieren. Jedoch ist trotz des beträchtlichen Aufwands und größerer Investitionen in der Lärmvorsorge sowie in der Lärmsanierung nach wie vor eine hohe Belästigung durch Straßenverkehrslärm sowohl in Europa als auch in Deutschland zu konstatieren. Daher rücken neben klassischen Interventionen an der Geräuschquelle und auf dem Ausbreitungsweg auch weitere Ansätze in den Fokus.

So postuliert die WHO, dass zum Lärmschutz neben klassischen primären und sekundären Maßnahmen auch übergeordnete und alternative Ansätze genutzt werden müssen, um ambitionierte Lärmschutzziele erreichen zu können (WHO 2018). Beispielsweise ist bekannt, dass sich auch nicht-akustische Faktoren auf die Lärmbelästigung auswirken und daher neben technischen Minderungsmaßnahmen ebenfalls adressiert werden sollten (FAMOS 2022, Bendtsen et al. 2022). Eine wesentliche Interventionsstrategie kann somit auch im Bereich der (lärmbeeinträchtigten) Menschen gesehen werden, die mit dem individuellen Verhalten auch wieder zum Geräuschaufkommen beitragen (van Kamp et al. 2019). Hierbei tragen bereits Kampagnen zur Aufklärung über lärmbedingte Gesundheitsrisiken, wie die Aktion „Tag gegen Lärm“³, die Initiative „Stadtklang 2015 im Wissenschaftsjahr“⁴ oder die internationale Initiative „International Year of Sound 2020+“⁵ zur Steigerung des Lärmbewusstseins in der Bevölkerung bei. Dazu adressieren Geräuschkennzeichnungen von lärmarmen Produkten (z.B. das Umweltzeichen Blauer Engel⁶) sowie Partizipationsangebote

² Das Kürzel (A) bei der Einheit dB steht für den Schalldruckpegel, der mit einer der menschlichen Wahrnehmung nachempfundenen Frequenzbewertungskurve gewichtet wird und somit verbessert der menschlichen Lautstärkewahrnehmung entspricht. Die oben erwähnte Werte beziehen sich auf den sogenannten Tag-Abend-Nacht-Lärmindex L_{den} und nicht auf gemessene Werte des Dauerschallpegels. Der Lärmindex L_{den} entspricht der Durchschnittsbelastung über 24 Stunden, bei dem für die Abend- und Nachtzeiten Zuschläge in Höhe von 5 bzw. 10 dB vorgenommen werden.

³ <https://www.tag-gegen-laerm.de> (abgerufen am 24.07.2024)

⁴ <https://www.wissenschaftsjahr.de/2015/stadtklang/startseite.html> (abgerufen am 19.07.2024)

⁵ <https://www.sound2020.org> (abgerufen am 19.07.2024)

⁶ <https://www.blauer-engel.de> (abgerufen am 19.07.2024)

ebenfalls die Menschen, die durch die Mitwirkung bei Lärmaktionsplänen und mittels Kaufverhalten einen unmittelbaren Einfluss auf Umgebungsgeräusche nehmen können.

Jedoch spielt die individuelle Lärmvermeidung und lärmbezogene Rücksichtnahme in diesen Initiativen und Interventionsansätzen häufig nur eine untergeordnete Rolle, weshalb das Potential zur nachhaltigen selbstmotivierten Lärminderung voraussichtlich nicht ausgeschöpft wird.

Zusammenhänge zwischen Lärmbewusstsein, Verhaltensabsicht und tatsächlichem Verhalten zur Lärmvermeidung sind daher nicht umfassend geklärt und das konkrete Lärminderungspotential durch freiwillige Verhaltensänderungen von Lärmverursachenden, wie Teilnehmende des motorisierten Individualverkehrs (MIV), erscheint wenig systematisch erforscht. Abgesehen von Veröffentlichungen aus dem Forschungsprojekt „Bewusstsein und Handeln in der Lärmbekämpfung“ (siehe exemplarisch Lauper et al. 2016) gibt es kaum belastbare Daten zu der zugrunde liegenden Motivation von Verkehrsteilnehmenden zur Vermeidung von Straßenverkehrslärm und deren Wissen über lärm mindernde Verhaltensweisen. Die vorliegende Studie beschäftigt sich daher nicht nur mit der weiteren theoretischen Exploration des Konstrukts Lärmbewusstsein und lärm bewusstes Verhalten, sondern evaluiert konkrete Lärminderungspotenziale durch experimentelle Untersuchungen.

1.2 Ziele des Forschungsvorhabens und Gliederung dieses Berichtes

1.2.1 Ziele und Forschungsfragen des Projektes

Das übergeordnete Ziel des Forschungsvorhabens war es, das Potenzial von verhaltensbezogenen Lärminderungsmaßnahmen in der Theorie und Praxis zu untersuchen und zu ermitteln, ob und wie das bislang verfügbare Maßnahmenpektrum durch zusätzliche Maßnahmen erweitert bzw. konkretisiert werden kann. Die Ermittlung der Anforderungen an nachhaltig wirksame lärm bewusstes Verhaltensweisen sowie deren Auswirkungen auf die (Verkehrs)-Lärminderung erfolgte dabei mittels Befragungen sowie in realen Fahrversuchen. Auf Basis dieser methodisch unterschiedlichen Vorgehensweisen sollen potenzielle Strategien, Einsatzgebiete, Anwendungsfälle aber auch Limitationen abgeleitet und hinsichtlich legislativer Regelungsmechanismen diskutiert werden.

Insgesamt werden im Vorhaben mit dem Ziel der Exploration der Zusammenhänge zwischen Wissen, Lärmbewusstsein und Lärmbelästigung sowie der Erprobung von konkreten Maßnahmen in der Praxis folgende Forschungsfragen adressiert:

- Welche Maßnahmen zur Förderung von lärm bewusstes Verhaltensweisen werden in der Fachliteratur beschrieben und wie wird deren Effektstärke eingeschätzt?
- Welche lärmbezogenen Verhaltensweisen werden häufig als kritisch und belästigungsfördernd benannt?
- Wie ist der aktuelle Wissensstand von Verkehrsteilnehmenden bezüglich lärm mildernden Verhaltens- bzw. Fahrweisen?
- Wie hängen Umweltbewusstsein und Lärmbewusstsein sowie die individuelle Bewertung von Umgebungslärm zusammen?
- Welche Faktoren tragen zu einer lärm bewusstes Verhaltensintention bei Verkehrsteilnehmenden bei?

- Welche Maßnahmen können je nach Fahrzeugtyp und -zustand zu einer lärmindernden Fahrweise führen?
- Wie groß ist das akustische und perzeptive Lärminderungspotential von lärmbewussten Verhaltensweisen?

Die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse sollen dabei als Orientierungshilfe zur Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen von verhaltensbezogener Lärminderung aufbereitet und ein Maßnahmenkatalog zur Darstellung der verschiedenen Möglichkeiten zur Förderung des Lärmbewusstseins sowie des lärmbewussten Verhaltens erarbeitet werden. Dieser Maßnahmenkatalog soll als Orientierungshilfe zur Anwendung verhaltensbezogener Lärminderungsmaßnahmen dienen.

1.2.2 Struktur dieses Berichtes

Zur Beantwortung der zuvor formulierten Forschungsfragen wurde innerhalb des Projektes eine Reihe von Untersuchungen durchgeführt, deren Ergebnisse Teil dieses Berichtes sind. In den Kapiteln 2 bis 4, welche inhaltlich die Arbeitspakete (AP) 1 bis 3 des Projektes abdecken, werden folgende Aspekte detailliert behandelt:

- Kapitel 2 umfasst die Ergebnisse einer systematischen Literaturstudie zu Lärmverhalten als Teil der Umweltpsychologie sowie zum Stellenwert von lärmbewusstem Verhalten im Straßenverkehr.
- Im ersten Teil von Kapitel 3 werden die Konzeption und sowie die Umsetzung der durchgeführten Befragungen zu Lärmbewusstsein und Lärmverhalten beschrieben. Der zweite Teil des Kapitels umfasst eine eingehende Analyse der Ergebnisse der Befragung.
- Kapitel 4 enthält das Design sowie die Auswertung des durchgeführten Realversuches im Straßenverkehr, mit dem eine mögliche Stärkung der aktiven Selbstregulierung hinsichtlich lärmarmen Fahrverhaltens untersucht wurde. Zudem umfasst das Kapitel die Beschreibung der akustischen Messungen und eines durchgeführten Hörversuches. Letztere Untersuchungen hatten die technische und psychoakustische Bewertung unterschiedlicher Fahrweisen im Straßenverkehr zum Ziel.

Kapitel 5 dieses Berichtes beinhaltet einen Maßnahmenkatalog zur Förderung lärmindernden Fahrverhaltens, in welchen die Erkenntnisse aus den durchgeführten Untersuchungen sowie aus der Literaturstudie einfließen.

Abbildung 1 zeigt zum besseren Verständnis den Zusammenhang zwischen den einzelnen Arbeitspaketen und den zugehörigen Kapiteln des vorliegenden Berichtes.

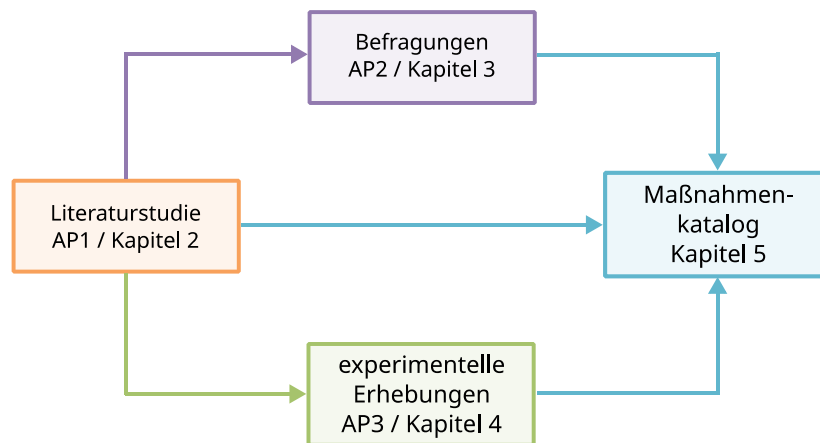


Abbildung 1: Zusammenhang zwischen den Arbeitspaketen des Forschungsvorhabens und den zugehörigen Kapiteln dieses Berichtes.

1.2.3 Ziel der Literaturstudie

Ziel der Literaturstudie (AP1) war es, den aktuellen Kenntnisstand zu den Themen 'Lärmbewusstsein', 'lärmbewusstes Verhalten' (Verhaltensintention, tatsächliches Verhalten), 'Maßnahmen zur verhaltensbezogenen Lärmverringerung' sowie die Verknüpfung zu anderen Konstrukten wie 'Umweltbewusstsein' oder 'Lärmempfindlichkeit' darzulegen. Der fundierte Überblick über den Wissensstand ermöglichte es, für die folgenden Untersuchungen die Fragestellungen und Forschungshypothesen sowie das methodische Vorgehen optimal anzupassen.

1.2.4 Ziel der Online-Befragung

Ziel der Online-Befragung (AP2) war es, strukturiert den aktuellen Wissensstand von Verkehrsteilnehmenden bezüglich lärmindernder Verhaltens- bzw. Fahrweisen zu erheben und Faktoren zu identifizieren, die zu einer lärmbewussten Verhaltensintention bei Verkehrsteilnehmenden beitragen. Auf der Basis der durch die Erhebung identifizierten Verhaltensmodifikatoren wurde das lärm mindernde Potential verschiedener Maßnahmen anhand von Realversuchen (AP3) erprobt.

1.2.5 Ziel der Realversuche und der akustischen Bewertung

In Arbeitspaket 3 wurde mittels eines Fahrversuchs der Einfluss von Hinweisgebern auf die aktive Selbstregulierung von Fahrer*innen hinsichtlich lärm mindernden Verhaltens im Straßenverkehr untersucht. Zudem fand eine Quantifizierung des Lärm minderungspotentials ausgewählter Verhaltens- und Fahrweisen mit Hilfe akustischer Beurteilungsgrößen statt. Dafür fand ausgehend von den Erkenntnissen aus der Literaturstudie und der Online-Befragung die Konzeption eines realen Fahrversuches statt. Für die Untersuchungen wurde bewusst ein realer Fahrversuch konzeptioniert und umgesetzt, da dieser hinsichtlich ökologischer Validität (z.B. auf die Versuchsperson wirkenden Kräfte aufgrund des Fahrverhaltens, direkte Interaktion mit realem Fahrzeug) vielen Virtual-Reality Setups überlegen ist. Ergänzend zum Fahrversuch wurden ausgewählte Verhaltens- und Fahrweisen hinsichtlich ihres Lärm minderungspotentials mit Hilfe von akustischen Kenngrößen quantifiziert. Dafür wurden gezielt unterschiedliche Fahr- oder Verhaltensweisen im Straßenverkehr betrachtet.

In einem Hörexperiment wurden Vorbeifahrtgeräusche, die durch ausgewählte Verhaltens- und Fahrweisen erzeugt wurden, durch Versuchspersonen bezüglich deren Störwirkung und Belästigung bewertet. Das Hörexperiment wurde in einem speziell für Hörversuche konzipierten Raum unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt. Aus den Messdaten wurden geeignete Hörversuchsstimuli für das Hörexperiment ausgewählt.

2 Literaturstudie

2.1 Methodik der Literaturrecherche

Zum Auffinden relevanter Literatur zum Thema „lärmbewusstes Verhalten“ wurde eine systematische Literaturrecherche in SCOPUS⁷ durchgeführt. Die Recherche wurde auf englisch- und deutschsprachige Quellen ab dem Jahr 2000 eingegrenzt. Ziel dieser Literaturrecherche war es, modelltheoretisch-strukturelle individuelle und soziale Determinanten lärmbewussten Verhaltens bzw. Handelns zu ermitteln, deren Zusammenhänge zu beleuchten sowie bereits existierende Erhebungsinstrumente und Maßnahmen der freiwilligen Verhaltensänderung zur Vermeidung bzw. Minderung von Lärm darzulegen.

Die Datenbank SCOPUS erlaubt die Anwendung einer elaborierten Suchsyntax und verfügt über Funktionen zum Export von Daten in einem Format, das als Input für Textnetzwerkanalysen verwendet werden kann. Die Datenbank SCOPUS enthält ferner ausschließlich wissenschaftliche Publikationen. Textnetzwerkanalysen sind insbesondere dann von Interesse, wenn es an spezifischen, etablierten Begrifflichkeiten mangelt, die eine trennscharfe Eingrenzung der Suche ermöglichen. Durch die Visualisierung von Netzwerken wird die Identifizierung relevanter Suchbegriffe und Themenbereiche unterstützt, da durch das Netzwerk häufig verwendete Termini und Themenkomplexe aufgezeigt werden, die anschließend eine Anpassung der Suchanfrage ermöglichen. Dies ist in der vorliegenden Literaturrecherche notwendig, da die deutschsprachigen Suchbegriffe „lärmbewusstes Verhalten“ und „Lärbewusstsein“ Ergebnisse liefern, die sich vornehmlich auf die Auswirkungen von Lärm auf das Verhalten beziehen und nicht auf eigene, freiwillige bzw. induzierte Verhaltensweisen zur Reduzierung von Lärm auf andere Personen. Eine Methodik, die gängige Begrifflichkeiten insbesondere im Englischen aufzeigt, ist daher hilfreich, um Suchkriterien effizient einzugrenzen.

Die Suchprotokolle auf SCOPUS wurden allgemein gehalten und im Verlauf der Recherche schrittweise spezifischer, basierend auf identifizierte Knotenpunkte aus den Textnetzwerkanalysen. Sie umfassten zunächst Begriffe, die mitunter auf eine theoretische Einbettung lärmbewussten Handelns in umwelt- und sozialpsychologischen Konstrukten abzielten. Auf Basis dieser Methodik stellte sich heraus, dass die direkten Übersetzungen „noise aware(ness)/noise conscious(ness)“ und „behavior“ keine gängigen Begriffe in der englischsprachigen Fachliteratur sind und somit nicht das intendierte Thema adressieren. Stattdessen wurde der Begriff „pro-environmental behavior“ (PEB) als englischsprachiger Fachterminus für „umweltbewusstes Verhalten“ identifiziert.

In Abbildung 2 ist der iterative Suchprozess schematisch dargestellt. Die Ergebnisse wurden aggregiert, auf Relevanz geprüft und die wichtigsten Primär- und Sekundärquellen extrahiert und katalogisiert. Anhand des Schneeballprinzips wurden weitere Quellen zusammengetragen bzw. zum Literaturfundus ergänzt. Das Schneeballsystem bezeichnet Suchverfahren, mit welchen Literaturverzeichnisse und Quellenangaben bzw. Fußnoten von bereits identifizierten Publikationen gezielt nach weiterer geeigneter Literatur durchsucht werden.

⁷ <https://www.scopus.com> (abgerufen am 12.05.2023)

Insgesamt wurden somit 68 Publikationen zum Thema umweltbewusstes Verhalten identifiziert, davon 13 mit direktem Bezug auf Lärm und 13 mit Bezug auf Mobilitäts- und Fahrverhalten. Die Literaturquellen zum Fahrverhalten beziehen sich ausschließlich auf den Verkehrsträger Straße. Für diesen Bereich hat sich der Begriff „Eco-Drive“ als umweltbewusste bzw. lärmbewusste Fahrweise etabliert. Für die Verkehrsträger Schiene und Wasserwege konnten anhand der Literaturrecherche keine einschlägigen Fachpublikationen im Kontext des lärmbewussten Verhaltens identifiziert werden.

Die insgesamt 26 identifizierten einschlägigen Publikationen können in drei Themenbereiche untergliedert werden: (1) psychologische Modellansätze, Determinanten und Barrieren umweltbewussten/ökologischen (Fahr-)Verhaltens, (2) Erhebungsmethoden und -instrumente, insbesondere Umfragen, Metaanalysen, Experimente umweltbewussten/ökologischen (Fahr-)Verhaltens sowie (3) Handlungs- und Interventionsempfehlungen und sind Anhang A zu entnehmen.

Abbildung 3 zeigt das resultierende Netzwerk aus Suchanfrage 3, welches mithilfe des Tools VOSviewer (van Eck & Waltman, 2010) anhand einer Kookkurrenzanalyse von Schlüsselwörtern erzeugt wurde. Es ist zu erkennen, dass der zentrale Knotenpunkt „pro-environmental behavior“ weit entfernt von „noise“ liegt und dass zwischen den beiden Punkten keine direkte Verbindung existiert. Ferner liegen die Knotenpunkte in unterschiedlichen Clustern (nicht abgebildet). Allerdings ist ebenfalls erkennbar, dass beide Themen im Verlauf der Zeit häufiger behandelt wurden, was wiederum ein Indiz dafür ist, dass sie zunehmend in der wissenschaftlichen Auseinandersetzung der letzten Jahre an Bedeutung gewinnen.

Obwohl Lärm ein beachtliches Problem mit schwerwiegenden Folgen für die Gesundheit und Umwelt ist, und insbesondere im urbanen Bereich zunehmend in den Vordergrund tritt (WHO, 2018), scheint es in der Literatur kaum Verknüpfungen zwischen den Begriffen „Lärm“, „Umweltschutz“ und „Umweltverhalten“ zu geben.

Dies wird auch durch das Textnetzwerk in Abbildung 3 ersichtlich und wird ebenfalls aus Studien zum Umweltbewusstsein deutlich (Rubik et al. 2019). Zwar wird die Verringerung von Lärm, Abgasen und Feinstaub im Straßenverkehr von 45% der Befragten als eine sehr wichtige umweltschutzrechtliche Aufgabe der Mobilitätswende angegeben (Rubik et al. 2019, S.56), Lärm wird allerdings im Rahmen anderer umweltrelevanter Themen wie Energiepolitik, Landwirtschaftspolitik und Städtebaupolitik bzw. Stadt- und Regionalplanung nicht erwähnt, obwohl 72%, 68% und 54% der Befragten respektive es für sehr wichtig erachten, umwelt- und klimapolitische Anliegen in der Politik dieser Ressorts stärker zu berücksichtigen (Rubik et al. 2019, S. 20). Zugleich geben 67% der Befragten der Folgestudie zum Umweltbewusstsein an, dass nicht genug für die Verminderung von Verkehrslärm getan wird, sehen aber dennoch größeren Handlungsbedarf bei der Reduzierung von Treibhausgasemissionen und in der Verringerung von Luftschadstoffen (Belz et al. 2022, S.72), obwohl sich ca. ein Fünftel der befragten Personen äußerst oder stark und über drei Viertel zumindest etwas durch Straßenverkehrslärm belastigt fühlen. Auch andere Lärmquellen, wie Nachbarschafts-, Industrie- und Gewerbelärm, Flugverkehrslärm und Schienenverkehrslärm verursachen unter den Befragten einen hohen Grad an Belästigung.

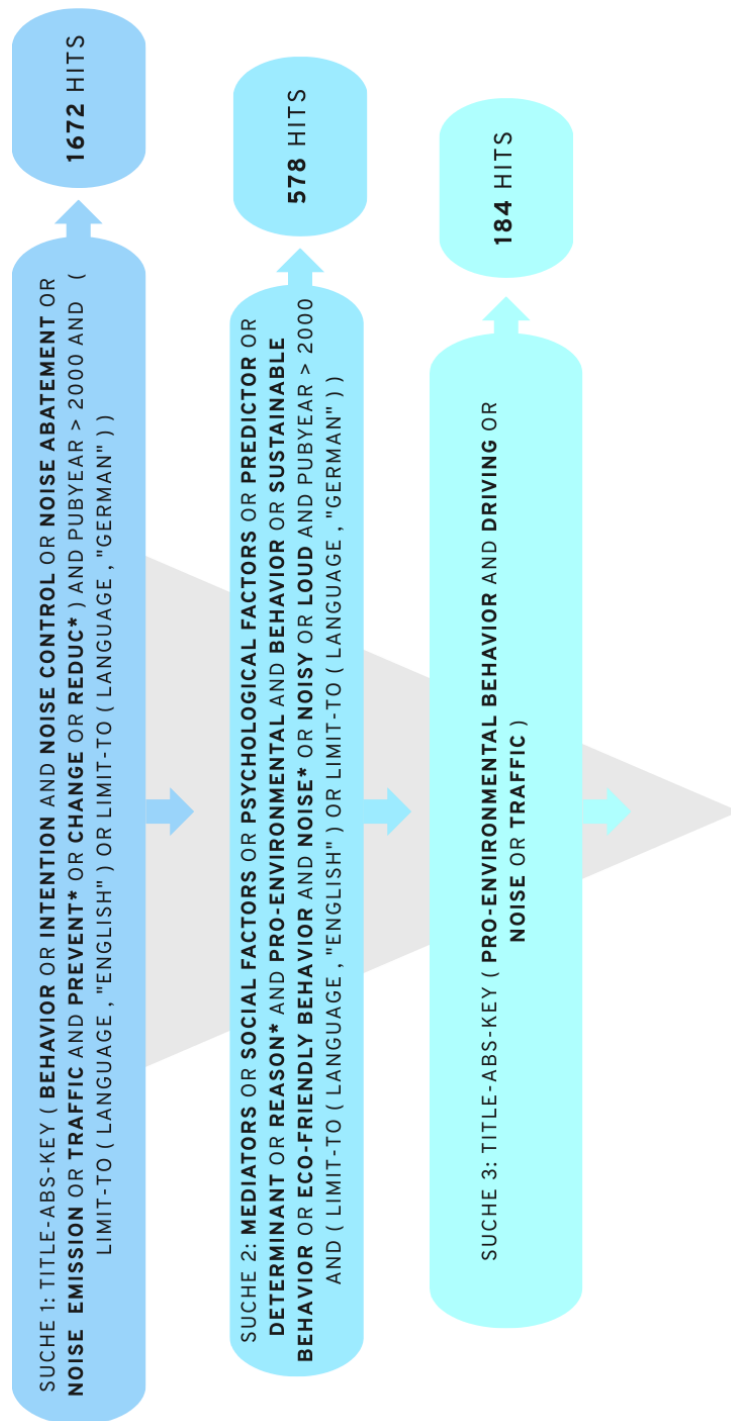


Abbildung 2: Schematische Darstellung des iterativen Suchprozesses zu den Themen Lärmbewusstsein und lärmbewusstes Verhalten.

Des Weiteren wird bei der Erhebung eigener Verhaltensweisen in umweltrelevanten Bereichen das Thema Lärm nicht explizit abgefragt (Rubik et al. 2019, S.70). Dass die Reduzierung von Lärm nur eine untergeordnete Rolle in umweltpolitischen Debatten spielt, spiegelt sich ferner in einer weltweiten Umfrage anlässlich des Earth Day 2020 wider. Dort werden Themen wie Klimawandel, Luftverschmutzung oder der Umgang mit Abfällen als diejenigen Themen eingeschätzt, denen die größte Aufmerksamkeit durch die jeweiligen Regierungen geschenkt werden sollte (Ipsos, 2020). Lärm rangiert in dieser Umfrage hingegen nicht unter den wichtigsten Themen. Dies zeigt, dass Lärm im Bewusstsein der allgemeinen Bevölkerung oft nicht als eigenständiges Umweltproblem erkannt, sondern als Nebenprodukt anderer umweltpolitischer Themen verstanden wird. Bestätigt wird dies auch durch eine Studie von Fischer et al. (2013a), die einen geringen Zusammenhang zwischen dem Bewusstsein der Lärmproblematik, Lärmbelästigung und Umweltbewusstsein feststellten. Diese Ergebnisse widersprechen den Thesen von Balderjahn (1990), der auf Basis einer durchgeführten Faktorenanalyse postulierte, dass das Ziel die Lärmbelästigung zu verringern eine wichtige Facette des Umweltbewusstseins von Konsumenten sei.

Um den Stellenwert der Lärmproblematik und des lärmbewussten Verhaltens als Beitrag zur Lärmbekämpfung im öffentlichen Diskurs zu steigern, ist es nicht nur notwendig das allgemeine Lärmbewusstsein durch gezielte Aufklärungs- und Informationskampagnen und mediale Präsenz zu stärken, sondern auch individuelle Verhaltensmuster darzulegen, die zur Lärmproblematik sowie Lärmvermeidung beitragen. Lärmbewusstes bzw. umweltbewusstes Verhalten („pro-environmental behavior“, PEB) wird dabei in Anlehnung an Kollmuss & Agyeman (2002) als Verhaltensweise verstanden, „die bewusst versucht negative Auswirkungen des eigenen [lärmrelevanten] Handelns auf die natürliche und bebaute Welt zu minimieren“. Diese Definition impliziert eine proaktive Komponente im Gegensatz zur Definition von Balderjahn (1990), der Lärm- bzw. Umweltbewusstsein als „die gefühlsmäßige Einschätzung von Umwelt- und Lärmbelastungen“ beschreibt. Im Rahmen der Theorien zum Umweltbewusstsein wird stets von einer aktiven Bereitschaft zur Verhaltensänderung als wesentliche integrative Komponente des Umweltbewusstseins ausgegangen (z.B. Diekmann et al. 2009; Kollmuss & Agyeman, 2002; Stern, 2000) und dieses Verständnis wird daher im Rahmen des vorliegenden Projekts für das Konstrukt „Lärmbewusstsein“ übernommen.

Prinzipiell wird zwischen zwei Typen umweltbewussten Verhaltens unterschieden: privates vs. öffentliches Verhalten (Blankenberg & Alhusen, 2019). Ziel dieser Literaturrecherche ist es, den Handlungsprozess lärmbewussten Verhaltens zu durchleuchten, Wege und Mittel zur Induzierung von lärm mindernden Verhaltensweisen aufzuzeigen sowie den Erkenntnisstand zum Lärminderungspotential freiwilliger Verhaltensänderungen zusammenzufassen und zu bewerten. Daraus sollen evidenzbezogene Einflussgrößen hergeleitet werden, die im weiteren Verlauf des Projekts in der Befragung und im Realexperiment aufgegriffen werden können, um die Ausprägung des Lärmbewusstseins zu erheben und das Potential von ausgewählten Interventionen zu ermitteln. Im Anschluss werden konkrete Handlungsempfehlungen und Maßnahmen formuliert, die Bürger*innen dazu befähigen, ihren persönlichen „Lärmfußabdruck“ (vgl. Cucurachi et al., 2019) langfristig zu reduzieren sowie deren Wirksamkeit anhand ausgewählter Beispiele zu untersuchen.

2.2 Psychologisches Handlungsmodell und Determinanten lärmbewussten Verhaltens

2.2.1 Psychologisches Handlungsmodell lärmbewussten Verhaltens

Bevor Erhebungsinstrumente zur Erfassung lärmbewussten Verhaltens bzw. des Lärmbewusstseins dargelegt sowie Möglichkeiten der Einflussnahme basierend auf freiwillige Verhaltensänderungen diskutiert werden, ist es zunächst wichtig, den theoretischen, behavioralen Rahmen individueller Handlungsprozesse zu verstehen und zu erläutern, welche Einflussgrößen bzw. Hindernisse existieren und überwunden werden müssen.

Zentral für das vorliegende Projekt ist dabei das von Moser et al. (2013a) entwickelte „Phasenmodell der Veränderung individuellen lärmrelevanten Handelns“, welches im Rahmen des Forschungsprojekts „Bewusstsein und Handeln in der Lärmbekämpfung“, gefördert durch das Bundesamt für Umwelt der Schweiz, entstand. Das Modell vereint Überlegungen vier theoretischer Ansätze, die alle der Annahme folgen, dass sich die Veränderung von Handlungsmustern in zeitlich aufeinanderfolgende, distinkte Phasen unterteilen lässt. Diese sind das Transtheoretische Modell (TTM) von Prochaska & Velicer (1997), das Modell der Handlungsphasen auch bekannt als „Model of Action Phases“ (MAP), vgl. Keller et al. (2020), das Sozial-Kognitive Prozessmodell des Gesundheitsverhaltens bzw. „Health Action Process Approach“ (HAPA), vgl. Schwarzer (2008), und das Selbstregulationsmodell für Mobilitätsverhalten (Bamberg et al. 2011), oder allgemein das Stufenmodell selbstregulierter Verhaltensänderung bzw. „Model of self-regulated behavioral change“ (SSBC) nach Bamberg (2013). Der Handlungsprozess ist dabei nicht linear, sondern auch durch Stagnation, Rückfälle und zyklisches Voranschreiten charakterisiert (Moser et al., 2013a). Die Übergänge zwischen den einzelnen Phasen werden durch Transitionspunkte signalisiert. Zusammen mit soziodemographischen Merkmalen bildet dieser Prozess der Handlungsänderung die sogenannte personale Ebene. Eingebettet ist das Modul in einem physisch-materiellen, sozioökonomischen, soziokulturellen und rechtlich-politisch-administrativen Handlungsumfeld, welches die Kontextebene formt, siehe Abbildung 4.

Das aus der Synthese mehrerer Ansätze resultierende Modellraster wurde von Moser et al. (2013a) anhand des Beispiels von Straßenlärm im Rahmen qualitativer Interviews konkretisiert und dann im Rahmen einer Online-Befragung eingesetzt, um den Stand und die Annehmbarkeit von spezifischen lärmbezogenen Handlungsweisen im Straßenverkehr abzufragen, und daraus Empfehlungen zu entwickeln, wie diese in ihrer Umsetzung unterstützt werden können. Da insbesondere diese anwendungsbezogenen Überlegungen für das vorliegende Projekt hilfreich sind, wird das resultierende „Phasenmodell der Veränderung individuellen lärmrelevanten Handelns“ von Moser et al. (2013a) näher skizziert, aber über den ursprünglichen Bezug hinaus auf Lärm im Allgemeinen bzw. auf die lärmbezogenen Handlungsweisen im Straßenverkehr generalisiert.

Der Vorgang, den eine Person vom sorglosen Erzeugen von Lärm bis hin zum bewusst etablierten lärmvermeidenden Handlungsmusters durchläuft, besteht laut Moser et al. (2013a) aus fünf Phasen. Vier dieser Phasen wurden aus dem MAP übernommen, wohingegen in Anlehnung an das TTM und SSBC eine zusätzliche Phase der Handlungsauswahl der Handlungsplanung vorangestellt wird. Die fünf Phasen lauten: Zielabwägung, Handlungsauswahl, Handlungsplanung, Handlungsumsetzung und Handlungsbewertung. Die Transitionspunkte, die das Ende einer Phase und den Beginn der darauffolgenden Phase einläuten, sind: die Bildung der Zielintention Lärm zu vermeiden, die Bildung einer bzw. mehrerer Intentionen zu lärmvermeidenden Handlungen, die Intention zur Implementierung und zur

Initiierung besagter Handlungen und schließlich die dauerhafte Etablierung der Vermeidung von Lärm. Für jeden Transitionspunkt existieren phasenspezifische Einflussfaktoren, die sich entweder begünstigend oder erschwerend auswirken und nachfolgend kurz erläutert werden.

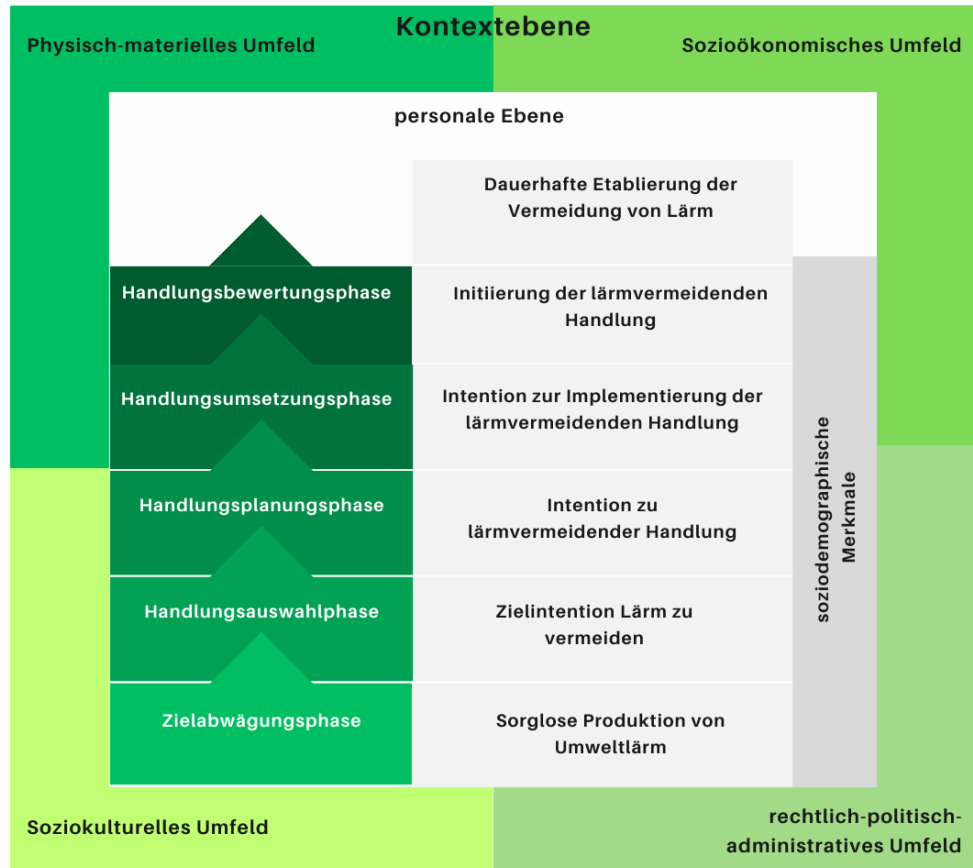


Abbildung 4: Phasenmodell der Veränderung individuellen lärmrelevanten Verhaltens.
 Quelle: Eigene Darstellung (TUB), angepasst von Moser et al. (2013a).

Tabelle 1 und Tabelle 2 fassen die Einflussfaktoren des Modells von Moser et al. (2013a) für die personale Ebene und Kontextebene zusammen, angepasst für dieses Projekt auf Lärm im Allgemeinen. Einige Einflussfaktoren werden nachfolgend ausführlich beschrieben, dabei wird auch auf Überlegungen anderer relevanter Publikationen zu umweltbewusstem Verhalten zurückgegriffen. Hierbei wird angenommen, dass lärmbewusstes Verhalten sich als Subtyp umweltbewussten Verhaltens auffassen lässt und dass sich die Umweltbewusstseins-Konstrukte auf den speziellen Fall des Lärmbewusstseins transferieren lassen.

2.2.2 Psychologische Determinanten lärmbewussten Verhaltens

Umweltbewusste Personen unterscheiden sich prinzipiell von nicht umweltbewussten Personen durch ein ausgeprägtes Problembewusstsein, welches ein Auslöser für Verhaltensänderungen ist. Dem SSBC-Ansatz folgend, bedeutet das Problembewusstsein sich über die negativen Konsequenzen des eigenen Verhaltens für andere Personen sowie für die Umwelt im Klaren zu sein und die Verantwortungsübernahme ist die Einsicht darüber, dass diese negativen Konsequenzen im eigenen Einflussbereich liegen. Die Steigerung des Problembewusstseins bezieht sich auf die Sorge um die Umwelt.

Phase	Einflussfaktoren im Handlungsprozess	Soziodemographische Einflussfaktoren
1. Zielabwägung	Problembewusstsein über die Schädlichkeit von Lärm; Verantwortungsübernahme für eigene Lärmemission; Wahrgenommene persönliche / soziale Lärmnormen; Persönliche Werteorientierung; Persönliche Lärmbelästigung; Einstellung zur lärmemittierenden Quelle; Angewandte Strategien zur Vermeidung der eigenen Lärmexposition; Nutzungszweck der lärmemittierenden Quelle	Alter Geschlecht Wohnort Bildung Einkommen
2. Handlungsauswahl und Handlungsplanung	Positive/negative affektive Ergebniserwartungen; Wahrgenommene soziale/persönliche Handlungsnormen; Wahrgenommener Handlungsspielraum; Wissen zu Handlungsauswahl und -planung; Automatisierungsgrad bisherigen Verhaltens; Kongruente/inkongruente Ziele; Planung/Antizipation konkreter Umsetzungssituationen; Vorhandene Planungskapazitäten; Eingegangene Selbstverpflichtung	
3. Handlungsumsetzung	Handlungskontrolle; Automatisierungsgrad bisherigen Verhaltens; Umgang mit Umsetzungsschwierigkeiten; Bewältigungsplanung; Aufrechterhaltungs-Selbstwirksamkeit	
4. Handlungsbeurteilung	Erlebnisse bei der Umsetzung und Umgang damit; Aufrechterhalten von Aufmerksamkeit und Motivation; Aufrechterhaltungs-Selbstwirksamkeit; Handlungskontrolle	

Tabelle 1: Einflussfaktoren der personalen Ebene zum Erreichen von Transitionsunkten, d.h. den Phasenübergängen zur Veränderung individuellen lärmrelevanten Handelns. Angepasst von Moser et al. (2013a).

Physisch-materiell	Sozioökonomisch	Soziokulturell	Rechtlich-politisch-adm.
Situative Erleichterungen und Erschwernisse (u.a. Infrastruktur) Stärke/Unmittelbarkeit des Effekts der Handlung Lebensdauer Produkttyp	Information Anreize für leises Handeln Sanktionierung lauten Handelns	Kollektive Werte und Traditionen Soziale Vergleichsmöglichkeiten	Standards Verbote und Vorschriften Strenge des Vollzugs

Tabelle 2: Einflussfaktoren der Kontextebene zum Erreichen von Transitionsunkten, d.h. den Phasenübergängen zur Veränderung individuellen lärmrelevanten Handelns. Angepasst von Moser et al. (2013a).

Das Problembewusstsein ist für die Bildung einer Zielintention, z.B. der Intention Lärm zu vermeiden von zentraler Bedeutung (Hines et al. 1987), allerdings münden ein ausgeprägtes Problembewusstsein bzw. die Sorge um die Umwelt und damit auch die Zielintention, das eigene Verhalten zu moderieren, nicht automatisch in umweltbewusste Verhaltensweisen (Gifford, 2011). Diese Diskrepanz wird in der Literatur oft als „intention-action-gap“ oder auch „value-action-gap“ bezeichnet, vgl. Kollmuss & Agyeman (2002), und erklärt sich einerseits dadurch, dass eine Verhaltensänderung mehrere Etappen durchlaufen muss und somit mehreren Einflüssen unterliegt, bevor sich diese konsolidieren kann (ff.), und andererseits dadurch, dass Menschen im Rahmen des Ökonomie-Prinzips dazu tendieren Verhaltensweisen zu verfolgen, die die geringsten Kosten verursachen (Diekmann & Preisendörfer, 2007). Das Problembewusstsein wird außerdem nicht zwangsläufig durch eine höhere persönliche Lärmbelästigung erhöht und eine erhöhte Lärmbelästigung beeinflusst nicht unbedingt das eigene lärmverursachende bzw. lärmmindernde Verhalten. So konnten Fischer et al. (2013a), basierend auf eine Metaanalyse des Schweizer Umweltsurveys aus dem Jahr 2007 (Diekmann & Meyer, 2008), keinen oder nur einen sehr schwachen Zusammenhang zwischen diesen beiden Konstrukten finden.

Anders verhält es sich mit der Lärmempfindlichkeit. Moser et al. (2013b) stellten in ihrer Analyse, basierend auf umfangreichen Online-Befragungen, ein höheres Problembewusstsein bei Personen mit einer höheren Lärmempfindlichkeit fest. Dies widerspricht wiederum Ergebnissen von Lauper et al. (2016), die nur eine sehr geringe Auswirkung von Lärmempfindlichkeit auf das Problembewusstsein beobachteten, die zudem durch die Lärmbelastung mediiert wurde.

Das Gefühl zu einer umweltbewussten Handlungsänderung verpflichtet zu sein, wird in Anlehnung an das Norm-Aktivationsmodell (Schwartz, 1977) durch die persönlichen und sozialen Normen generiert. Diese Verpflichtung äußert sich in Abhängigkeit der persönlichen Werteorientierung, die nach Stern (2000) entweder egoistisch, altruistisch oder biosphärisch sein kann, und auch von den Erwartungen des Umfelds abhängt.

Laut den Erkenntnissen von Fischer et al. (2013a), waren die Lärmbelästigung und die persönliche Norm wichtige Prädiktoren für lärmvermeidende Maßnahmen, jedoch nur, wenn es um den eigenen Schutz ging. Eine biosphärische Wertorientierung korrelierte nur schwach mit der Intention, Lärm zu vermeiden, da sich diese mit Umweltthemen im Allgemeinen beschäftigt, aber nicht lärmspezifisch ist (ibid.). Dies widerspricht jedoch den Ergebnissen von Moser et al. (2013b), die eine erhöhte persönliche Lärmvermeidungsnorm bei Personen mit hoher biosphärischer Werteorientierung feststellten.

Auch soziale Normen spielen für umweltbewusstes Verhalten eine wichtige Rolle, da Menschen nach Konformität streben und versuchen, soziale Missbilligung zu vermeiden oder die soziale Anerkennung anderer zu erhalten (Farrow et al. 2017). So konnten Barth et al. (2016) mittels einer hierarchischen Regressionsanalyse von Umfragedaten zeigen, dass neben kostenbezogenen Faktoren auch die kollektive Wirksamkeit und soziale Normen die wichtigsten Prädiktoren für die Akzeptanz von Elektrofahrzeugen waren.

Die soziale Identität ist ebenfalls ein relevanter Einflussfaktor. So ist es wahrscheinlicher, dass Menschen umweltfreundliche Entscheidungen treffen, wenn sie sich mit einer Gruppe identifizieren, die sich an Umweltnormen hält (Fielding & Hornsey, 2016). Allerdings reicht nach Ajzen (1991) die Aktivierung von Normen für eine Verhaltensänderung nicht aus. Zur Bildung einer Intention, die dann in eine Verhaltensänderung mündet, müssen laut „Theorie des geplanten Verhaltens“ (*Theory of planned behavior* (Ajzen, 1991)) persönliche Normen, die wahrgenommene Verhaltenskontrolle und Überzeugungen miteinander überein-

stimmen. Dabei werden konkurrierende Wünsche und Begehren gegeneinander abgewogen und priorisiert. Im Gegensatz zur Kontrollüberzeugung (locus of control) nach Rotter (1966), die eine stabile Erwartungshaltung ist, kann die wahrgenommene Verhaltenskontrolle kontext- und situationsbedingt variieren. Personen mit einer hohen internen Kontrollüberzeugung neigen eher dazu umweltfreundliche Maßnahmen zu ergreifen, da sie eine Änderung der Situation als wahrscheinlicher erachten, wenn diese im eigenen Einflussbereich liegt (Hines et al., 1987; Johnson et al., 2004). Auch Emotionen und Naturverbundenheit sind relevante Prädiktoren für ökologisches Verhalten. Eine emotionale Beteiligung an einer Thematik erhöht die Wahrscheinlichkeit proaktiv handeln zu wollen, weil dadurch Einstellungen und das allgemeine Bewusstsein geprägt werden (Kollmuss & Agyeman, 2002). Naturverbundenheit wirkt sich auf Einstellungen und Werte aus und beeinflusst dadurch das ökologische Verhalten (Mayer & Frantz, 2004).

Laut den Interview-Ergebnissen von Moser et al. (2013a) spielen Attraktivität und Realisierbarkeit, der Nutzungszweck sowie die Einstellung zur Geräuschquelle ebenfalls eine wichtige Rolle zur Bildung der Zielintention, letztere kann jedoch inkongruent mit dem Ziel der Lärmreduktion sein, z.B. wenn das Geräusch als Qualitätsmerkmal verstanden und daher positiv bewertet wird. Positive Ergebniserwartungen wie Kosteneinsparungen, ein grünes Image oder die wahrgenommene Förderung der Gesundheit spielen für höhere Handlungsetappen eine Rolle und können die Handlungsauswahl unterstützen, wohingegen negative Erwartungen wie ein höherer Kaufpreis sich hemmend auswirken können. Handlungsspielraum und Automatisierungsgrad sind ebenfalls Einflussfaktoren für die Handlungsauswahl. Der Handlungsspielraum bezieht sich darauf, wie die eigene Handlungskontrolle beurteilt wird, vgl. Ajzen (1991), und kann durch Anreize oder Sanktionierungen mitgestaltet werden.

Der Automatisierungsgrad ist hingegen entscheidend dafür, ob eine routinierte, z.B. lärmverursachende Handlung durchbrochen wird, da Gewöhnung ein bedeutendes Hindernis für umweltbewusste Verhaltensänderungen ist, vgl. Carrus et al. (2008). Zugänglichkeit und Salienz des Handlungswissens, wie das Wissen über die Existenz leiser Produktalternativen und deren Eigenschaften, Informationen darüber wie hoch das zu antizipierende Lärmminderungspotential ist sowie die kognitiven Kapazitäten diese Informationen zu verarbeiten, können die Handlungsplanung maßgeblich beeinflussen (Moser et al., 2013a). Eine entsprechende Bewerbung des Angebots durch Kennzeichnungen, aber auch Kaufberatungen oder Bewertungen von Konsumentenorganisationen können unterstützend wirken (ibid.). Außerdem gilt: je spezifischer und besser ein Handlungsplan ausformuliert wurde, z.B. durch die Möglichkeit der Testung, desto höher ist die Umsetzungschance.

Gemäß HAPA, ist für die Umsetzung der Handlung zudem wichtig, dass die Umsetzungsgelegenheit erkannt und an die Intention erinnert wird. Auch der Umgang mit potenziell auftauchenden Schwierigkeiten wirkt sich auf die Umsetzung aus und wird von der Bewältigungsplanung sowie der Aufrechterhaltungs-Selbstwirksamkeit, d.h. die Zuversicht aufgrund eigener Kompetenzen mit den benannten Schwierigkeiten umgehen zu können, moderiert, vgl. Bandura (1982). Schließlich begünstigen positive Handlungsbewertungen, persönliche „Aha-Effekte“ und positive Rückmeldungen seitens des Umfelds eine Handlungswiederholung (Moser et al., 2013a).

2.2.3 Soziodemographische Determinanten lärmbewussten Verhaltens und diverse Aspekte des Handlungsumfelds

Neben psychologischen Konstrukten spielen auch soziodemographische Merkmale und kontextbezogene Aspekte eine Rolle für die Entwicklung eines Lärmbewusstseins bzw.

lärmrelevanter Verhaltensweisen. Länderübergreifende Studien bestätigen geschlechter-spezifische Unterschiede und schreiben Frauen ein höheres Umweltbewusstsein zu (Hunter et al., 2004), wohingegen insbesondere jüngere Männer als „Lärmverursacher“ wahrgenommen werden (Moser et al. 2013a). Auch ein höherer Bildungsgrad und höheres Einkommen fördern das Umweltbewusstsein, allerdings unterscheiden sich die Angaben darüber, wie stark Bildung das Umweltbewusstsein beeinflusst. Während Balderjahn (1990) nur von einem geringen Zusammenhang berichtet, stellen Longhi et al. (2013) fest, dass der Bildungsgrad den höchsten Einfluss auf das Umweltverhalten hat. Personen mit höherem Einkommen tendieren zur Wahl von ökologischen (und damit ggf. auch leiseren) Angeboten, allerdings nehmen mit höherem Einkommen oft auch die Freizeitkapazitäten ab, was wiederum zu einer Abnahme von umweltbewussten Verhaltensweisen führt (Ferrara & Missios, 2005). Das Umweltbewusstsein verändert sich in Abhängigkeit des Alters und scheint einem Lebenszyklus zu folgen (Blankenberg & Alhusen, 2019). Der niedrigste Punkt wird nach Otto & Kaiser (2014) während der Elternschaft aufgrund der damit einhergehenden finanziellen und zeitlichen Mehrkosten erreicht, die weniger Ressourcen übriglassen, wodurch pro-ökologische Anreize sinken. Personen unter 30 Jahren und Personen zwischen 60 und 69 Jahren neigen tendenziell zu einem ökologischeren Verhalten, allerdings beteiligen sich ältere Menschen aufgrund abnehmender Ausdauer seltener an „proaktiven“ Verhaltensweisen, üben aber in ihrem Alltag häufiger umweltbewusste Verhaltensweisen aus (Johnson et al., 2004). Wohnungseigentum und der Grad an Lärmbelästigung scheinen signifikante Prädiktoren für das Ergreifen lärmreduzierender Maßnahmen zu sein, die jedoch nicht die eigene Verhaltensweise betreffen (Fischer et. al, 2013a).

In den höheren Etappen des Handlungsprozesses werden häufiger von Personen Einflussfaktoren des Handlungsumfelds benannt als Einflussfaktoren der personalen Ebene. Allerdings bleibt unklar, ob der Einfluss externer Faktoren für die nachgelagerten Handlungsphasen wirklich zunimmt, oder ob interne Faktoren weniger gut zugänglich sind (Moser et al., 2013a). Physisch-materielle Einflussfaktoren, die sich erleichternd auswirken, sind z.B. die optische und akustische Kennzeichnung der Störwirkung von Lärm in Form der Signalisierung von lärmsensiblen Zonen sowie durch Erinnerungs- und Testmöglichkeiten, wohingegen sich die vorhandene Infrastruktur, Zeitdruck, Lieferfristen und die Fülle an z.T. unüberschaubaren Kaufkriterien den Erwerb leiser Produkte und lärm mindernde Verhaltensweisen negativ beeinflussen. Auch erschweren die fehlende Stärke und Unmittelbarkeit des Effekts einer lärmrelevanten Handlung dessen Wahrnehmbarkeit.

Zudem erscheint es unwahrscheinlich, Produkte mit langer Lebensdauer gegen umweltbewusste Alternativen auszutauschen. Bezogen auf sozio-ökonomische Faktoren wurden insbesondere Anreize, z.B. Verkaufsboni oder Subventionierung leiser Alternativen und Sanktionierungen wie die Internalisierung der Lärmkosten auf den Kaufpreis von Produkten, als treibende Faktoren für eine Verhaltensänderung erwähnt. Im soziokulturellen Umfeld seien Referenzpersonen mit Vorbildfunktion als unterstützende Multiplikatoren denkbar, die kollektive Werte vermitteln. Auch soziale Vergleichsmöglichkeiten in Form von Wettbewerben könnten sich positiv auswirken (Moser et al., 2013a).

Im rechtlich-politisch-administrativen Kontext wurden schließlich Standards, Verbote und Vorschriften, z.B. in Form der Verschärfung von Emissionsgrenzwerten, Geschwindigkeitsbegrenzungen oder Sperrungen im Verkehr, als treibende Kräfte genannt, allerdings müssten diese konsequent durchgesetzt werden (Moser et al., 2013a). Weitere Einflussfaktoren für umweltbewusstes Verhalten können Kindheitserfahrungen, politische Einstellungen und Weltanschauungen, Persönlichkeitsmerkmale, Selbstkonstruktion, persönliche Ziele, kognitiver Bias, Ortsverbundenheit und gewählte Aktivitäten sein (Gifford & Nilsson, 2014).

2.3 Kenntnisstand zum Stellenwert lärmbewussten Verhaltens im Straßenverkehr

Die Ergebnisse einer Online-Befragung von Moser et al. (2013b) deuten auf ein allgemein niedriges Lärmbewusstsein von Fahrenden im Straßenverkehr. So zeigte sich, dass bereits die Zielintention, ausgedrückt als Bereitschaft zur Lärmvermeidung im Straßenverkehr, unter Auto- und Motorradfahrenden in der Schweiz im Jahr 2011 gering bis sehr gering ausgeprägt war. Andere verkehrsrelevante Ziele, wie ein geringes Unfallrisiko, Spaß am Fahren, ein niedriger Treibstoffverbrauch, ein entspanntes Fahrerlebnis, niedrige CO₂-Emissionen und geringer Fahrzeugverschleiß wurden als wichtiger erachtet. Die Befragten gaben dabei in der Mehrheit an, sich nicht verpflichtet und verantwortlich zu fühlen, Straßenverkehrslärm zu vermeiden, d.h. dass sie keine persönliche Norm zur Lärmvermeidung hatten, ihnen nicht bewusst war, dass sie Teil des Problems waren, d.h. sie keine Verantwortungsübernahme zeigten und dass das Problembewusstsein weder bei ihnen noch in ihrem sozialen Umfeld ausgeprägt war (Moser et al., 2013b). Zudem ergab sich insbesondere unter Motorradfahrenden eine positive Einstellung zu Motorengeräuschen, was ggf. die mangelnde Einsicht erklärt, die eigene Lärmemissionen zu minimieren. Die Ergebnisse von Moser et al. (2013b), zeigten ferner, dass das vorhandene Wissen zu lärm mindernden Handlungsoptionen lückenhaft war, insbesondere in der Altersgruppe der unter 26-Jährigen. Im Durchschnitt wurden nur 1,4 Möglichkeiten genannt, wobei der Fahrstil am häufigsten vorkam.

Unabhängig von der Zielintention Lärm zu vermeiden, untersuchten Moser et al. (2013b) zudem die Annehmbarkeit konkreter Handlungsmöglichkeiten am Beispiel des Fahrstils (Eco-Drive) und Reifenkaufs auf theoretischer Ebene, indem Teilnehmende zu unterschiedlichen Messzeitpunkten hierzu befragt wurden, um (a) zu bestimmen, in welcher Handlungsphase sich die Befragten befanden und (b) einen möglichen Handlungstransfer zu überprüfen. Das Lärminderungspotential eines lärm bewussten Fahrstils beträgt ca. 3 dB (Marti, 1998), während lärmarme Reifenmodelle eine Minderung von bis zu 6 dB (BAFU, 2012) ermöglichen. An dieser Stelle sei jedoch erwähnt, dass Untersuchungen von Czuka et al. (2016) Hinweise liefern, dass ein auf Basis des EU-Reifenlabels identifizierten lärmarmen Reifenmodells nicht zwangsläufig bei jeder Fahrbahnoberfläche zu einer Lärminderung führt, wie dies in der Studie für eine Asphaltbetondeckschicht mit Größtkorn 11 beispielhaft nachgewiesen wurde.

Die Mehrheit der befragten Personen in Moser et al. (2013b) gab an, einen Eco-Drive Fahrstil anzustreben und schon ausprobiert zu haben, allerdings blieb unter Autofahrenden unklar, ob dies auch regelmäßig und kontrolliert ausgeführt wird. Unter Motorradfahrenden war der angegebene Grad der Verstetigung eher gering. Zudem gaben 30% der Motorradfahrenden an, von Eco-Drive nichts zu wissen. Es stellte sich außerdem heraus, dass Eco-Drive mit einzelnen Fahraspekten, nicht jedoch mit einem umfassenden Fahrkonzept in Verbindung gebracht wurde. Als wichtigster Faktor für die Anwendung von Eco-Drive unter Autofahrenden wurden das Treibstoffsparpotential, gefolgt von dem Erleben einer sicheren, aber zügigen Fahrweise genannt. Auch die Senkung der Geräuschemission führte zu einer positiven Evaluation. Unter Motorradfahrenden äußerten insbesondere diejenigen eine positive Haltung zu Eco-Drive, die davon überzeugt waren, dass Eco-Drive das Motorrad schont, zur Senkung der CO₂- und Geräuschemissionen beiträgt und grundsätzlich leicht umsetzbar ist. Bezüglich Reifenkauf stellte sich heraus, dass ein Großteil der Befragten noch nie leise Reifen gekauft hatte und dies auch nicht beabsichtige.

Lauper et al. (2015) untersuchten, inwiefern die Absicht, Straßenverkehrslärm zu vermeiden, sich auf die Absicht Eco-Drive anzuwenden und auf umweltbewusstes Fahrverhalten

auswirkt. Die Absicht, Straßenverkehrslärm zu vermeiden, war nicht mit der Absicht verbunden, Eco-Drive anzuwenden. Die stärksten Prädiktoren für die Absicht Eco-Drive umzusetzen, waren Einstellung und wahrgenommene Verhaltenskontrolle (vgl. Ajzen, 1991). Der stärkste Prädiktor für umweltbewusstes Fahrverhalten war hingegen die Handlungskontrolle, (vgl. HAPA). Der Zusammenhang zwischen Verhaltensintention und eigentliches Verhalten war schwach, was darauf hindeutet, dass Autofahrende Schwierigkeiten haben, ihre Absicht in tatsächliches Verhalten umzusetzen.

2.4 Kenntnisstand zum Lärmreduktionspotential von lärmbewusstem Verhalten im Straßenverkehr

Von der BAST beauftragte Untersuchungen in Müller et al. 2021 kamen zur Erkenntnis, dass bei allen in der Studie betrachteten Straßentypen (Autobahn in Großstadtnähe, Ausfallstraße einer Großstadt, Boulevard einer Großstadt, Kreuzung einer Großstadt, Kreisverkehr, Durchgangsstraße einer Kleinstadt) auffällige Schalldruckpegelspitzen auftraten, die insbesondere unterschiedlichen Fahrcharakteristika von LKW, PKW, Motorrädern und Rollern zugeordnet werden konnten. Bereits in Calvo et al. (2012) konnte anhand exemplarischer Fahrversuche mit Personenkraftfahrzeugen ein direkter Zusammenhang zwischen persönlichem Fahrverhalten und daraus resultierender Geräuschemission nachgewiesen werden. Eine sportlich-aggressive Fahrweise (simuliert durch einen professionellen Fahrer) führte im Vergleich zu gemäßigtem Fahrverhalten unabhängig von der Verbrennungsmotorart zu gemessenen in-situ Schalldruckpegeln, die beim Motor und beim Reifen im Mittel um 8,3 dB(A) bzw. 4,4 dB(A) höher ausfielen.

Ziegler, Bühlmann, Egger und Hammer untersuchten in einer umfangreichen Studie in Ziegler et al. (2017) das Lärminderungspotenzial von Tempo 30, d.h. 30 km/h als zulässige Höchstgeschwindigkeit. In Vorbeifahrtsmessungen mit 22 unterschiedlichen PKWs konnten bei gemäßigten Beschleunigungsmanövern im Vergleich zu konstanter Fahrgeschwindigkeit bei 30 km/h im Mittel um 3 bis 4 dB(A) höhere maximale Vorbeifahrtspegel festgestellt werden, und bei aggressiv beschleunigten Vorbeifahrten um 7 bis 9 dB(A) höhere maximale Vorbeifahrtspegel (Bühlmann & Egger, 2017). Bei Einzelbetrachtung der untersuchten Fahrzeuge waren die maximalen Vorbeifahrtspegel von Beschleunigungsmanövern um 0 dB(A) bis 16,1 dB(A) höher als die maximalen Vorbeifahrtspegel bei konstanter Fahrgeschwindigkeit mit 30 km/h. Zudem schlussfolgerten Bühlmann & Egger (2017), dass bei 30 km/h ein unstetiges Fahrverhalten (insbes. aggressives Beschleunigen) im Vergleich zu Fahren bei konstanter Geschwindigkeit zu einer Erhöhung der Lärmemission führt, da in diesem Geschwindigkeitsbereich tendenziell das Antriebsgeräusch überwiegt. Bei 50 km/h konnte bei unstetiger Fahrweise (z.B. in Form von bedarfsweiser Reduktion der Fahrgeschwindigkeit) fallweise eine niedrigere Geräuschemission als bei konstanter Fahrgeschwindigkeit beobachtet werden. Eine mögliche Erklärung dafür könnte die Dominanz des geschwindigkeitsabhängigen Reifen-Fahrbahngeräusches bei den untersuchten Fahrzeugen sein.

Der Einfluss von interaktiven ortsfesten Hinweisgebern in Form eines Lärm-Displays am Straßenrand wurde in einer Metaanalyse von Heusser & Heutschi (2022), untersucht. Datengrundlage waren dabei Schalldruckpegelmessungen in der unmittelbaren Umgebung von 27 unterschiedlichen Standorten, wo jeweils ein Lärmdisplay installiert war. Je nach Standort lag die maximal erlaubte Höchstgeschwindigkeit bei 50 km/h oder 80 km/h, und die Messdauer betrug 1 – 18 Wochen. An Standorten, an denen Schallpegelmesser vor und nach Inbetriebnahme des Lärm-Displays Daten aufzeichnete, konnten im Mittel nach Inbetriebnahme des Displays um 0,5 dB(A) niedrigere Pegel sowie um 1 km/h niedrigere Geschwindigkeiten festgestellt werden. Beim Vergleich von aktiven Lärm-Displays mit Schallpegelmesspunkten unmittelbar vor dem Display und nach dem Display sind die Pegel nach

dem Display im Mittel um 1 dB(A) geringer. Die Studienautoren konnten diese Reduktionen relativ einheitlich über verschiedene Perzentilpegel und bei PKW und Motorrädern beobachten. Beim 1%-Perzentil der erfassten Motorradgeschwindigkeiten stellten die Autoren einen ausgeprägteren Effekt durch das Lärm-Display fest, weshalb sich auf eine etwas stärkere Verlangsamung der schnellsten Motorräder schließen lässt.

2.5 Definition von Lärmbewusstsein und lärmbewusstem Verhalten

In Anlehnung an bereits existierenden Definitionen zum Umweltbewusstsein (SRU 1978, Kollmuss & Agyemmann 2002) und unter Berücksichtigung der Synthese aus der Literaturstudie, werden im Rahmen des vorliegenden Projektes folgende Arbeitsdefinitionen für die Begriffe „Lärmbewusstsein“ und „lärmbewusstes Verhalten“ eingeführt. Hierbei erfährt der Begriff lärmbewusstes Verhalten im Vergleich zum Konstrukt „Lärmbewusstsein“ zusätzlich noch die Erweiterung um eine aktive Komponente der Lärmvermeidung (siehe Moshona et al., 2024).

- **Lärmbewusstsein:** *Einsicht in die Gefährdung der natürlichen Lebensgrundlagen von Menschen und anderen Tieren sowie der Natur durch anthropogenen Lärm, verbunden mit der Bereitschaft zur Abhilfe.*
- **Lärmbewusstes Verhalten:** *Verhaltensweise, die bewusst versucht negative Auswirkungen des eigenen lärmrelevanten Handelns auf die natürliche und bebaute Umwelt zu minimieren.*

Da Lärmbewusstsein bzw. lärmbewusstes Verhalten keine etablierten Konzepte darstellen und zudem als multidimensionale Konstrukte angenommen werden (vgl. Kollmuss & Agyemmann, 2002), existieren nach aktuellem Wissensstand und auf Basis der systematischen Literaturrecherche keine Erhebungsinstrumente, die das Konstrukt „Lärmbewusstsein“ validiert operationalisieren und damit unmittelbar messbar machen. Allerdings wird im Folgenden unter Berücksichtigung der aufgelisteten Einflussfaktoren ein solches Instrument konzipiert.

3 Befragung zum Lärmbe- wusstsein und Lärmverhalten

Ziel der Befragung war es, Aspekte des allgemeinen Lärmbewusstseins sowie den aktuellen Wissensstand von Verkehrsteilnehmenden bezüglich lärmindernder Verhaltens- bzw. Fahrweisen zu erheben sowie Faktoren zu identifizieren, die zu einer lärmbewussten Verhaltensintention im Individualverkehr beitragen. Dabei wurde untersucht, inwiefern Angaben zu alltäglichen Verhaltensweisen und persönlichen Normen – auch abseits des Individualverkehrs – sich auf das berichtete Fahrverhalten auswirken.

3.1 Konzeption und Entwicklung des Fragebogens und Vorversuche

3.1.1 Konzeption und inhaltliche Struktur des Fragebogens

Mittels einer systematischen Literaturrecherche wurden interne (personale) und externe (kontextuelle) Einflussgrößen identifiziert, die das individuelle Lärmbewusstsein und -verhalten beeinflussen und somit auch Einfluss auf das lärmindernde Fahrverhalten nehmen können (siehe Kapitel 2). Unter der Annahme, dass sich lärminderndes bzw. lärmbewusstes Verhalten als Subtyp umweltbewussten Verhaltens auffassen lässt und distinkte, aufeinander aufbauende Phasen durchläuft, wurde ein Fragebogen entwickelt, der auf den Erkenntnissen aus der Literaturstudie basiert. Ergänzend wurden weitere, potenziell relevante Einflussfaktoren exploriert, deren Beitrag zum Lärmbewusstsein bisher kaum erforscht ist, die sich jedoch moderierend auf die Verhaltensintention, sich lärmbewusst zu verhalten, auswirken könnten.

Ein besonderes Augenmerk in der Konzeption des Fragebogens lag in der Entwicklung eines Messinstruments zur Erfassung des individuellen Lärmverhaltens, um daraus Prädiktoren für einen Lärmbewusstseinsindex (LBI) herleiten zu können. Um möglichst umfangreiche Daten zur Entwicklung eines Messinstruments zu erheben, wurden im Rahmen einer Vorstudie verschiedene Inhalte, Fragen- und Skalenformate erprobt. Ziel der Vorstudie war es, Fragen zu identifizieren, die bei Teilnehmenden ein heterogenes Antwortverhalten hervorrufen, was eine Differenzierung der Ausprägung des zu untersuchenden Merkmals (hier Lärmbewusstsein) erlaubt sowie Fragen für die folgenden Studie zu eliminieren, die kaum unterschiedliche Antworten generieren und damit zur Messung interindividueller Unterschiede weniger geeignet sind.

Zur Auswahl möglicher Items zur Messung des Konstrukts „Lärmbewusstsein“ wurden für die Vorstudie verschiedene inhaltliche Rubriken (Arbeitsplatz, Nachbarschaft, öffentliche Verkehrsmittel, Straßenverkehr und Alltagssituationen) eingeführt und potenzielle Fragen zu diesen Rubriken konzipiert. Der resultierende Korpus bestand aus 37 Fragen. Es wurde angestrebt, für jede Rubrik möglichst mehrere Items zu generieren, um ein möglichst weites Themenspektrum und diverse Alltagskontexte zur Einschätzung des individuellen Lärmbewusstseins in die Vorstudie zu inkludieren. Die Items wurden insbesondere im Hinblick auf Konformitätseffekte optimiert, um „sozial erwünschte“ Antworten möglichst zu minimieren. Mittels einer ad hoc Stichprobe, bestehend aus insgesamt 58 Personen in einer Online-

Befragung, wurden die Items getestet. Die Vorstudie wurde mit Hilfe der Plattform SoSci-Survey mit dem Titel "Individuelles Lärmverhalten" umgesetzt. Zur Analyse der Eignung der Fragen und zur Auswertung der Vorstudie wurden folgende Kriterien verwendet:

- Zielt die Frage eindeutig auf das Lärmbewusstsein eines Menschen ab?
- Erscheint die Handlungssituation relevant für einen größtmöglichen Teil der Bevölkerung und spiegelt typische Erlebniswelten der Menschen wider?
- Ist aus der Formulierung der Frage ersichtlich, wie die Handlungsoptionen bezüglich des Lärmbewusstseins (ordinal) zu ordnen sind?
- Liegt bei der Frage eine Antworttendenz der sozialen Erwünschtheit nahe?
- Bringt die Frage ein möglichst heterogenes Antwortverhalten hervor?
- Korrelieren die Antworten zu den Items positiv miteinander, so dass sich die Items scheinbar gleichermaßen auf das Konstrukt Lärmbewusstseins beziehen lassen?

Zudem wurden statistische Gütekriterien wie die interne Konsistenz der Items - operationalisiert durch den Indikator *Cronbachs α* - herangezogen, um die Skalenreliabilität zu überprüfen und potenzielle Widersprüche aufzudecken. Weitere Kriterien zur Einschätzung der potenziellen Eignung der in der Vorstudie betrachteten Items folgten aus der Betrachtung der Mittelwerte, Standardabweichungen und Verteilungen für jede Frage. Wiesen die Mittelwerte auf eine mehrheitlich absolute Zustimmung bzw. Ablehnung hin, was durch einen Mittelwert nahe den Extrema des relativen Wertebereiches sowie durch eine geringe Standardabweichung angezeigt wurde, ist der Informationsgewinn des Items aufgrund des homogenen Antwortverhaltens der Befragten als gering zu bewerten.

Auf Basis der vorangegangenen Kriterien zur Eignungsprüfung konnten aus der Vorstudie insgesamt 19 Items selektiert werden, die im Kontext der Messung des Lärmbewusstseins relevante Informationen liefern können und eine ausreichende psychometrische Güte vermuten lassen. Diese Items flossen in die Hauptstudie ein. Ferner wurden in der Hauptstudie weitere Items inkludiert, die darüber hinaus auch im Kontext des lärmbewussten Handelns relevant sind und sich auf das Fahren eines Kraftfahrzeuges beziehen.

Der finale Fragebogen der Hauptstudie bestand aus 73 Items und hatte eine Bearbeitungsdauer von ca. 35-40 Minuten (siehe Anhang B). Um den Fragebogen möglich einheitlich zu gestalten, wurden hauptsächlich Rating-Skalen nach Rohrmann (1978) eingesetzt, die Häufigkeit, Intensität und Bewertung von Aussagen (hier umgesetzt als Grad der Zustimmung) einheitlich quantifizieren und häufig als intervallskaliert interpretiert werden. Prinzipiell wurde angestrebt, dass die Stufenanzahl der Rating-Skalen vierstufig ist. Dadurch ist keine neutrale Mittelkategorie vorhanden, wodurch eine Antworttendenz erzwungen wird. Da einige Items aus Publikationen und etablierten Instrumenten übernommen wurden, war dies jedoch nicht für den gesamten Fragebogen möglich, weshalb auch fünf- und sechsstufige Rating-Skalen genutzt wurden. Die Reihenfolge der zu bewertenden Aussagen wurde pro Fragebogen-Iteration (d.h. für jede Versuchsperson) zufällig rotiert, um Reihenfolgeeffekte sowie Konsistenz- und Kontrasteffekte zu minimieren. Da ein repetitives Fragedesign auf Dauer für Versuchspersonen ermüdend wirken kann, wurden weitere Methoden (Ranking, Single Choice, Multiple Choice, Piktogramme) inkludiert. Offene Freitextfragen wurden bewusst auf ein Minimum gehalten ($n=2$), da solche Fragetypen zwar hilfreiche Inputs liefern können, aber aufwändiger auszuwerten und statistisch schwer interpretierbar sind, schlecht in Relation gesetzt werden können und ggf. bei umfangreichen Fragebögen aufgrund des Mehraufwands die Abbruchquote erhöhen.

3.2 Umsetzung der Online-Befragung auf der Plattform SoSci-Survey (Hauptstudie)

Der Fragebogen für die Hauptstudie wurde mit Hilfe der Plattform SoSci-Survey⁸ barrierefrei und responsiv für alle mobilen Endgeräte umgesetzt. Die Online-Befragung trug den Titel „Lärmbewusstsein und Lärmverhalten im Individualverkehr“.

Die Online-Befragung wurde im Zeitraum vom 11.12.2023 bis 02.01.2024 durchgeführt. Es fand ein probabilistisches Sampling aus einem repräsentativen Panel statt, in dem eine im Hinblick auf Alter, Geschlecht und Wohnort (Land) stratifizierte Rekrutierung erfolgte. Die Stichprobe wurde in Deutschland, Österreich und Schweiz gezogen. Einschlusskriterien waren, dass eine Fahrerlaubnis vorhanden ist, dass die teilnehmende Person ausreichende Deutschkenntnisse hat (mindestens B2) und volljährig (d.h. älter als 18 Jahre alt) ist. Ferner wurde ein Anteil an Motorradfahrende von 30% an der Gesamtstichprobe angestrebt. Diese Einschlusskriterien wurden mittels programmierter Filter zu Beginn des Fragebogens erfragt. Sollten die Einschlusskriterien nicht erfüllt sein, wurde der Fragebogen frühzeitig beendet und die ungültigen Fälle im Datensatz entsprechend markiert.

Die Stichprobe wurde aus Panels des Marktforschungsdienstleisters Bilendi & Respondi⁹ nach den Vorgaben der oben beschriebenen Stratifizierung erhoben. Die Zustimmung an der Teilnahme an der Befragung wurde vor jeder Befragung vom jeweiligen Teilnehmenden eingeholt. Die Einverständniserklärung, die in der Befragung enthalten ist, informierte die Teilnehmenden darüber, dass die Teilnahme an der Befragung freiwillig ist, dass die Teilnahme jederzeit und ohne Angabe von Gründen zurückgezogen werden kann und dass eine Verbindung zwischen einer ggf. vorhandenen Bilendi & Respondi Panel-ID und den Rohdaten der Befragung nicht möglich ist (siehe Anhang B).

⁸ Die Plattform wurde gewählt, da diese über alle notwendigen Funktionalitäten zur Gewährleistung methodischer, technischer sowie ethischer Anforderungen an wissenschaftliche Onlinebefragungen verfügt. Des Weiteren liegt der Standort des Servers in Deutschland (München), wodurch SoSci-Survey den geltenden, gesetzlicher Regelungen auf Bundes- und EU-Ebene (Bundesdatenschutzgesetz, Datenschutzgrundverordnung) unterliegt. Wichtig sind hierbei eine verschlüsselte Datenübermittlung und die Gewährleistung von Anonymität und des Datenschutzes. Im Rahmen der Befragung wurden keine personenbezogenen Daten erhoben, die eine direkte Zuordnung der Identität einer Versuchsperson erlauben. Alter, Geschlecht und Wohnort (Land) wurden zur detaillierten Beschreibung der Stichprobe erhoben. <https://www.soscisurvey.de>, abgerufen am 19.07.2024.

⁹ <https://www.bilendi.de/academics>, abgerufen am 19.07.2024. Der Dienstleister wurde gewählt, da dieser über Panels im gesamten DACH-Raum verfügt. Der Dienstleister ist ferner nach ISO 20252:2019 zertifiziert, einem internationalen Qualitätsstandard im Bereich der Markt-, Meinungs- und Sozialforschung, der die vollständige Offenlegung der Bedingungen für Anreize, die für das Projekt gelten, in der Einladungs-E-Mail, die den Link zur Befragung enthält, verlangt. Die Teilnehmenden werden mittels eines Punktesystems vergütet. Nach einer bestimmten Anzahl von Punkten können diese in einen Gutschein umgewandelt oder gespendet werden können. Der Dienstleister gewährleistet die Rekrutierung und Incentivierung der Teilnehmenden. Die Kosten für diese Dienstleistung sind in den Projektkosten enthalten. Die Teilnehmenden aus den Bilendi & Respondi-Panels werden durch den Dienstleister eingeladen und auf den SoSci-Survey Befragungslink umgeleitet. Die Kommunikation zwischen den Teilnehmenden Panels und SoSci-Survey läuft über GET-Parameter in den URLs. Hierbei erhält jeder Teilnehmende eine ID, zusammengesetzt aus 15 numerischen Variablen. Diese ID wird gespeichert und am Ende der Befragung an Bilendi & Respondi über eine Redirect-URL zurückgegeben. Dadurch lassen sich verschiedene Abschlussbedingungen identifizieren, die nachfolgende aufgelistet sind. Es wurden nur gültige Abschlüsse der Befragung vom Dienstleister vergütet.

3.3 Auswertung der Online-Befragung

3.3.1 Methodik der Auswertung

Für die Auswertung des Datensatzes wurden neben deskriptiven Lage- sowie Streuungsmaßen hauptsächlich Korrelationsanalysen eingesetzt, um mögliche Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen Aspekten (Items) zu untersuchen. Die Items wurden thematisch in Cluster gruppiert, aus denen nach einer Eignungsprüfung hypothetische Konstrukte gebildet wurden, siehe hierzu Kapitel 2. Für die Bildung von Summenwerten zur Ermittlung der Antworttendenz über mehrere Items hinweg bezüglich eines hypothetischen Konstruktes wurden abschließend die Werte zur besseren Vergleichbarkeit auf den Wertebereich von 0 bis 1 transformiert. Da es für einige Items Ausweichoptionen, wie “keine Meinung” oder “trifft nicht zu” gab, kam es mitunter zu fehlenden Werten. Um mit diesem Problem umzugehen, wurden einzelne fehlende Werte über die Option in der Statistiksoftware Jamovi¹⁰ bei der Mittelwertbildung ignoriert und Summenwerte bzw. Mittelwerte nur über die restlichen beantworteten Items gebildet. Dies kann zu einer Verzerrung der Ergebnisse führen, da dadurch der Mittelwert auf weniger Antworten basiert und damit die Bestimmung der individuellen Ausprägung bezüglich des Konstrukts unsicherer wird. In begründeten Fällen wurden daher Datensätze mit fehlenden Werten zur Ermittlung der zentralen Antworttendenz für das jeweilige Konstrukt nicht betrachtet.

3.3.2 Stichprobe

Insgesamt ergab die Befragung 423 vollständige, bereinigte Datensätze. Tabelle 3 zeigt wesentliche Informationen zur Stichprobe. Hierbei wird deutlich, dass die größte Anzahl an Studienteilnehmenden aus Deutschland stammt (n=184), gefolgt von Schweiz (n=124) und Österreich (n=115). Das binäre Geschlecht ist relativ gleichverteilt (w: 54,1%, m: 44,7%) und insgesamt weist die Gesamtstichprobe einen Anteil von 28% Motorradfahrenden auf¹¹. Mehr als zwei Drittel der Befragten gab an, regelmäßig einen eigenen Personenkraftwagen (PKW) zu nutzen.

¹⁰ <https://www.jamovi.org> (abgerufen am 19.07.2024)

¹¹ Der Anteil an Motorradfahrenden in der Bevölkerung ist geringer, besitzen beispielsweise weniger als 20 % der deutschen Bevölkerung einen Motorradführerschein (vgl. VuMA, 2021). Der höhere Anteil an Motorradfahrenden wurde daher nicht aus Gründen der Repräsentativität bezüglich der Bevölkerung gewählt, sondern wurde bei der Befragung angestrebt, um einen Anteil an Befragten mit motorisierten Zweiradern in der Gesamtstichprobe zu inkludieren, die aus Sicht des lärmbewussten Verhaltens als interessante Teilgruppe angesehen wurde.

Land	Geschlecht	Anteil (in %) Motor- radfahrende*	% Häufige Benutzung PKW** (eigener PKW)
DE = 184	w = 113, m = 67, d = 3	25,5 %	69,0 %
AT = 115	w = 56, m = 59	31,3 %	68,7 %
CH = 124	w = 60, m = 63	29,8 %	62,1 %
* Antworten zusammengefasst zur Nutzung eines Motorrads von 'selten' bis 'täglich'.			
** Antworten zusammengefasst zur Nutzung eines PKWs 'mehrmals wöchentlich' und 'täglich'.			

Tabelle 3: Angaben zur Stichprobe (Land, Geschlecht, Anteil Motorradfahrende in %, Häufigkeit der Benutzung des eigenen PKW in %).

Bezüglich der Altersverteilung ist in Tabelle 4 zu erkennen, dass die Anzahl an Personen in den einzelnen Altersklassen nahezu gleichverteilt ist. Der Altersdurchschnitt über die gesamte Stichprobe beträgt 37,5 Jahre mit einer Standardabweichung von 7,5 Jahren. Der Altersdurchschnitt sowie die Standardabweichungen sind über die verschiedenen Länder sehr ähnlich (D: 36,7; 11,9; AT 38,3; 11,1, CH: 37,9; 11,3).

Altersklasse	Anzahl (absolut)	% von Gesamt
18 - 29 Jahre	147	34,8 %
30 – 44 Jahre	148	35,0 %
45 – 59 Jahre	127	30,0 %
* Eine Person gab kein Alter an.		

Tabelle 4: Altersverteilung der Stichprobe über drei Altersklassen.

Betrachtet man weitere soziodemographische Merkmale wird deutlich, dass mehr als 60% der Stichprobe ein monatliches Haushaltsnettoeinkommen von mehr als 2.000 € und weniger als 8.000 € zur Verfügung haben (siehe Tabelle 28 im Anhang C), wobei am häufigsten die Kategorie „2000 € bis unter 4000 €“ gewählt wurde. Der Großteil der Befragten gab als Beschäftigungsverhältnis an, angestellt zu sein (72,2%) (siehe Tabelle 29 im Anhang C).

Insgesamt lässt sich die Stichprobe hinsichtlich des Geschlechts, Alters, Einkommen und Beschäftigungsverhältnis als heterogen ansehen, auch wenn nur bedingt repräsentativ für die Gesamtbevölkerung. Da 56% der befragten Personen „Deutsch als Muttersprache“ angaben und die anderen Teilnehmenden „Deutsch mit einem Niveau von B2 oder besser“ auswählten, ist davon auszugehen, dass ausreichende Sprachkenntnisse vorlagen, die Formulierungen, Inhalte und Fragen des Fragebogens ausreichend zu verstehen. Alle Personen bestätigten im Rahmen der Befragung, einen Führerschein zu besitzen.

3.3.3 Bewertung der Lärmbelästigung

Im Rahmen der Befragung wurden Daten zur allgemeinen Lärmbelästigung bezüglich verschiedener Geräuschquellen erhoben. In Abbildung 5 sind Angaben zur bewerteten Lärmbelästigung über verschiedene typische Geräuschquellen dargestellt. Erwartungsgemäß gab bei den üblichen Verkehrsträgern die Mehrzahl der Befragten an, sich vorrangig durch Straßenverkehrslärm „etwas“ bis „äußerst“ belästigt zu fühlen. Interessanterweise steht Nachbarschaftslärm jedoch noch vor Straßenverkehrslärm an erster Stelle. Die Angaben zur Lärmbelästigung weisen damit größere Ähnlichkeiten zu aktuellen Erhebungen des Umweltbundesamtes mit repräsentativen Stichproben auf (UBA, 2024). Nachbarschaftslärm weist bei der aktuellen Befragung ein leicht höheres Belästigungsniveau als in der Erhebung des Umweltbundesamtes auf, wohingegen bei Straßenverkehrslärm die ermittelte Belästigung hier leicht geringer ausfällt. Lediglich der Industrie- und Gewerbelärm weist in der aktuellen Befragung eine größere Abweichung auf. In der aktuellen Befragung wurde ein deutlich geringeres Belästigungsniveau ermittelt als in vergleichbaren Erhebungen des Umweltbundesamtes (UBA, 2024).

Die in Abbildung 6 dargestellten Daten zur Belästigung durch weitere Geräuschquellen zeigen, dass auch Baustellenlärm eine relevante Belästigung hervorruft, wohingegen Freizeitlärm (Sport-, Kultur-, Freizeitanlagenlärm) und Lärm durch Wasserverkehr eine untergeordnete Rolle bezüglich der hervorgerufenen Lärmbelästigung in der Stichprobe spielten.

Die Lärmbelastigungsdaten lassen sich auch auf personenbezogene Aspekte beziehen, wodurch plausibel ersichtlich wird, dass die Lärmbelästigung von der Größe des Wohnortes (siehe Abbildung 44 im Anhang C) sowie von der Nähe der Wohnung zu einer Grün- oder Erholungsfläche (siehe Abbildung 45 im Anhang C) abhängt. Die Lärmbelästigung ist im Mittel erwartungsgemäß in Großstädten stärker ausgeprägt als in kleineren Orten. Auch bei größeren Entfernungen zu Grünflächen (Weg länger als 15 Minuten) fühlen sich die Befragten für alle Geräuschquellen mehrheitlich stärker lärmelästigt. Derartige Zusammenhänge sind aus Lärmwirkungsstudien hinreichend belegt (s. z.B. Gidlöf-Gunnarsson & Öhrström, 2007). Darüber hinaus zeigten sich bei der Lärmbelästigung ebenfalls Zusammenhänge mit der Altersklasse. Jüngere Personen (hier Altersklasse 18-29 Jahre) gaben im Mittel eine stärkere Lärmbelästigung über nahezu alle Geräuschquellen an im Vergleich zur höchsten Altersklasse (44-59 Jahre), siehe Abbildung 46 im Anhang C. Interessanterweise zeigte sich auch ein Zusammenhang zwischen der Einschätzung der öffentlichen Sichtbarkeit des Themas Lärm und die berichtete Lärmbelästigung (siehe Abbildung 47 im Anhang C).

Bei der näheren Betrachtung der Ursachen für die hohen Werte bei der Belästigung durch Nachbarschaftslärm zeigte sich, dass Geräusche wie „Gespräche, Stimmen und Geschrei“, „Türklingen“, „Schritte“ und „Werkzeuggebrauch“ am häufigsten als störend und belästigend genannt wurden (s. Abbildung 48 und Tabelle 30 im Anhang C). Hierbei wird deutlich, dass Lärmbelästigung oft durch vermeidbare und unnötige Geräuscherzeugung sowie fehlender Rücksichtnahme im Kontext von Nachbarschaftslärm zu entstehen scheint. Alle Verteilungen zur Belästigungsangabe der einzelnen von Nachbarn verursachten Geräuscheereignisse waren jedoch rechtsschief, was darauf hindeutet, dass für viele Befragte diese Ereignisse häufig nicht kritisch sind.

Vergleicht man den Grad der berichteten Lärmbelästigung mit der geschätzten Lärmbelästigung durch Straßen-, Schienen und Flugverkehr für die Gesamtbevölkerung, fällt auf, dass die stärker betroffenen Personen auch eine signifikant höhere Lärmbelästigung in der Gesamtbevölkerung bezüglich der jeweiligen Geräuschquelle vermuten (siehe Tabelle 5). Dadurch wird deutlich, dass die eigene Betroffenheit auch die Einschätzung der globalen Lärmbelästigung bzw. das lärmbezogene *Problembewusstsein* signifikant beeinflusst. Der Zusammenhang zwischen persönlicher Lärmbelästigung und Problembewusstsein wurde bereits von Moser et al. (2013b, S.59) beobachtet.

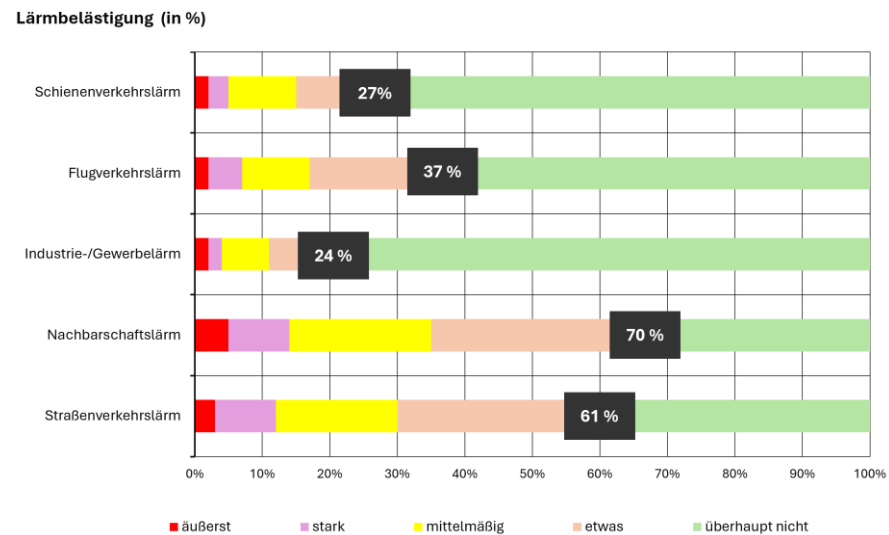


Abbildung 5: Angaben zur Lärmbelästigung über die wichtigsten Geräuschquellen zur Frage „Wie stark haben Sie sich in Ihrer Wohnung durch folgende Lärmquellen gestört oder belästigt gefühlt?“ Die prozentuale Angabe für jede Quelle kennzeichnet den kumulierten Gesamtanteil der Befragten, die sich durch die Geräuschquelle gestört oder belästigt fühlen.

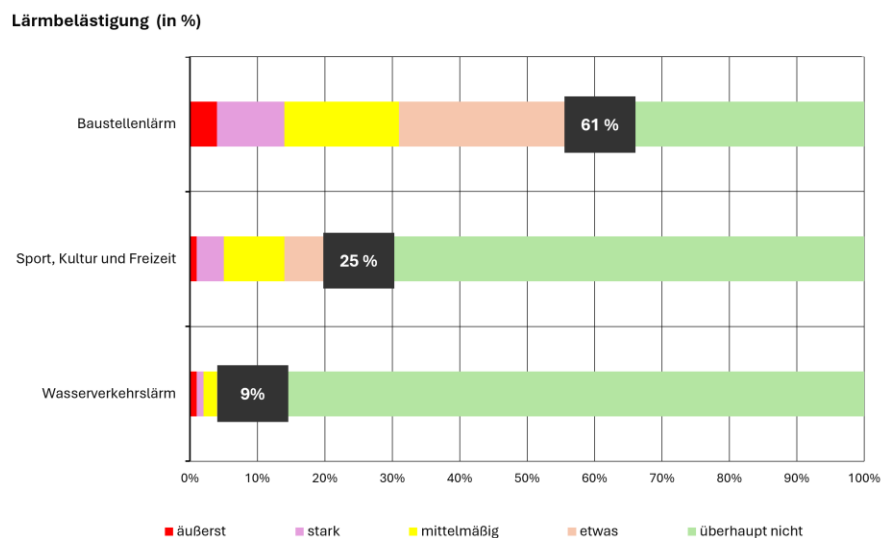


Abbildung 6: Angaben zur Lärmbelästigung bezüglich spezifischer Geräuschquellen zur Frage „Wie stark haben Sie sich in Ihrer Wohnung durch folgende Lärmquellen gestört oder belästigt gefühlt?“ Die prozentuale Angabe für jede Quelle kennzeichnet den kumulierten Gesamtanteil der Befragten, die sich durch die Geräuschquelle gestört oder belästigt fühlen.

Bewertete Lärmbelästigung	Arithm. Mittelwert der geschätzten Prozentanteile (1=20%, 5≥80%) für ausgewählte Geräuschquellen bezüglich der Lärmbelästigung		
	Straßenverkehr	Schienenverkehr	Flugverkehr
überhaupt nicht	2,79	2,02	1,85
etwas	3,05	2,13	2,34
mittelmäßig	3,33	3,02	2,83
stark	3,84	2,91	3,39
äußerst	4,50	3,80	3,80

Tabelle 5: Die nach bewerteter Belästigung durch Straßenverkehrslärm gruppierten Mittelwerte der prozentualen Einschätzung der Lärmbelästigung durch den Straßen-, Schienen- und Flugverkehr in der Gesamtbevölkerung.

3.3.4 Lärmempfindlichkeit und Sozialverträglichkeit

Die Merkmale der “Lärmempfindlichkeit” und “Sozialverträglichkeit” wurden nach etablierten Erhebungsinstrumenten erhoben (Zimmer und Ellermeier, 1998; Scherhorn et al., 1999). Um eine bessere Vergleichbarkeit zu erzielen, wurden die unterschiedlich skalierten Instrumente auf einen einheitlichen Wertebereich zwischen 0 und 1 transformiert. Die mittlere Lärmempfindlichkeit betrug 0,562 bei einer Standardabweichung von 0,174, wohingegen über die gesamte Stichprobe die mittlere Sozialverträglichkeit 0,589 bei einer

Standardabweichung von 0,163 betrug. Hier wurden nur die Personen berücksichtigt, die alle definierten Items pro Konstrukt beantworteten. Wie in Abbildung 7 zu sehen, sind die Verteilungen der beiden Konstrukte annähernd normalverteilt. Die Merkmale Lärmempfindlichkeit und Sozialverträglichkeit zeigten keinen korrelativen Zusammenhang (*Pearson's* $r = -0.018$).

Betrachtet man den Zusammenhang zwischen der Lärmempfindlichkeit und der Lärmbelastigung bezogen auf einzelne Geräuschquellen zeigten sich mehrheitlich positive signifikante Korrelationen (siehe Tabelle 6). Wie in Abbildung 8 exemplarisch für die Belästigung durch Straßenverkehrslärm gezeigt, steigt die berichtete Lärmbelastigung mit dem Grad der individuellen Lärmempfindlichkeit. Dieser Zusammenhang ist in der Literatur häufiger belegt worden (vgl. Ellermeier et al., 2001; Stölzel, 2004). Dabei sind hier die korrelativen Zusammenhänge der Lärmempfindlichkeit mit der Belästigung durch Straßenverkehrslärm und Nachbarschaftslärm am stärksten.

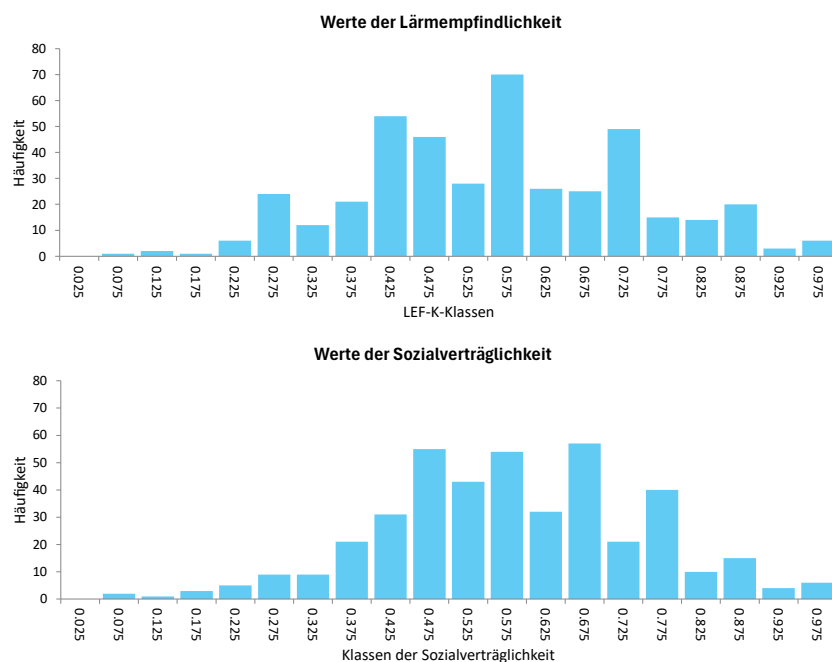


Abbildung 7: Histogramm der Verteilung der Lärmempfindlichkeitswerte (oben) und Sozialverträglichkeitswerte (unten) jeweils für den Wertebereich 0 bis 1 (0: nicht lärmempfindlich, 1: sehr lärmempfindlich und "0: nicht sozial verträglich und 1: sehr sozial verträglich).

Geräuschquelle	Pearson's r	p-Wert ¹²
Straßenverkehrslärm	0,252*** ¹³	< ,001
Fluglärm	0,197***	< ,001

¹² Der p-Wert (probability value) benennt die Irrtumswahrscheinlichkeit, dass bei einer statistischen Entscheidung ein Fehler erster Art begangen wird. Damit bezeichnet die Irrtumswahrscheinlichkeit *p* die Wahrscheinlichkeit, dass das beobachtete Ergebnis bei Gültigkeit der Nullhypothese (hier es besteht kein Zusammenhang) eintritt (vgl. Bortz, 2005).

¹³ Die Anzahl der Sterne (Asterisks) gibt an, inwiefern eine untersuchte Prüfgröße (hier der Korrelationskoeffizient) signifikant (*, $p < 0.05$), sehr signifikant (**, $p < 0.01$) oder hoch signifikant (***, $p < 0.001$) ausfällt.

Schienenverkehrslärm	0,064	0,190
Industrie- und Gewerbelärm	0,072	0,137
Nachbarschaftslärm	0,258***	< ,001
Freizeitlärm	0,124*	0,011
Baustellenlärm	0,116*	0,017

Tabelle 6: Korrelativer Zusammenhang (Pearson r) zwischen Lärmbelästigung bezüglich verschiedener Geräuschquellen und der individuellen Lärmempfindlichkeit.

Der korrelative Zusammenhang der individuellen Sozialverträglichkeit mit den Lärmbelastigungsdaten (nicht dargestellt) ist dagegen schwächer ausgeprägt und es gibt keine statistisch hochsignifikanten Korrelationen.¹⁴

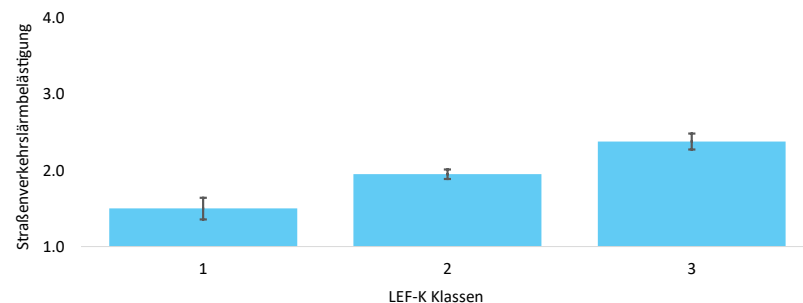


Abbildung 8: Mittlere Belästigung durch Straßenverkehrslärm (arithmetischer Mittelwert und Standardfehler) über Lärmempfindlichkeitsklassen (1: wenig lärmempfindlich (0,00 - 0,33). 2: mittelmäßig lärmempfindlich (0,33 - 0,66), 3: sehr lärmempfindlich (0,66 - 1,00)).

3.3.5 Maßnahmenakzeptanz zur Minderung von Straßenverkehrslärm

Zur Minderung von Straßenverkehrslärm können technische und organisatorische Maßnahmen sowie rechtliche Regelungen umgesetzt werden. Im Rahmen der Befragung wurde die Zustimmung (Akzeptanz) verschiedener straßenverkehrslärmbezogener Maßnahmen erfasst. Tabelle 7 zeigt die Verteilung der graduellen Zustimmung über die einzelnen Maßnahmen über die gesamte Stichprobe. Den im Mittel höchsten Zustimmungsgrad bei den angesetzten Maßnahmen erzielte die Einführung von Geschwindigkeitsbeschränkungen zur Entlastung von Wohngebieten. Die geringste Zustimmung erfuhr die Maßnahme der Fahrverbote in Wohngebieten tagsüber, bei der über 2/3 der Befragten (eher) dagegen waren. Diese Angaben stimmen tendenziell mit den Ergebnissen einer Umfrage des Arbeitsring Lärm der DEGA (ALD) im Jahre 2023 (Schreckenberget al., 2023) überein. Allerdings zeigt die aktuelle Stichprobe erwartungsgemäß einen geringeren Grad der Zustimmung als die ALD-Stichprobe. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass die Befragten der ALD-Umfrage überwiegend aus einem Fachpublikum bestanden, welches teilweise in der Lärmaktionsplanung involviert ist, und somit nicht als repräsentativ für die Gesamtbevölkerung angesehen werden kann. Ein direkter Vergleich des Antwortverhaltens ist darüber hinaus nur

¹⁴ Lediglich die Fluglärmelastigung, die mit der Sozialverträglichkeit mit $r=0,121$ schwach korreliert ist ($p=0,021$), ist statistisch signifikant.

eingeschränkt möglich, da die gewählten Rating-Skalen zwischen den beiden Untersuchungen unterschiedlich viele Stufen aufweisen. Der höchste relative Anteil an Antworten mit maximaler Zustimmung (33,1%) wurde bei der Maßnahme des Einsatzes von Lärmblitzern zur Überwachung und Ahndung von lautem Fahrverhalten beobachtet.

Auch bei der Betrachtung der Maßnahmenakzeptanz unter Berücksichtigung der individuellen Sozialverträglichkeit ergaben sich signifikante Korrelationen. Die stärksten Zusammenhänge zeigten sich mit den Items 'Geschwindigkeitsreduzierung' ($r=0,229$, $p<0,001$) und 'Lärmplakette' ($r=0,180$, $p<0,001$), wie Tabelle 8 verdeutlicht.

Für ausreichend Lärmschutz sollte(n)...	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu	keine Angabe	Deskriptive Statistik	
	Angaben in %					MW ¹⁵	SD
... Wohngebiete durch Fahrverbote tagsüber entlastet werden.	37,4	30,3	18,0	9,0	5,4	1,98	0,98
... Wohngebiete durch Fahrverbote nachts entlastet werden.	25,8	22,7	32,4	15,1	4,0	2,38	1,04
... Wohngebiete durch Geschwindigkeitsbeschränkungen entlastet werden.	14,4	10,6	41,6	30,5	2,8	2,91	1,01
... eine Lärmplakette (ähnlich der Umweltplakette) eingeführt werden, mittels der ein Fahrverbot für laute Fahrzeuge in bestimmten Gebieten möglich wird.	26,5	19,1	26,7	19,9	7,8	2,43	1,12
... lautes Fahrverhalten überwacht und geahndet werden (z.B. mit Hilfe von Lärmblitzern).	19,6	13,5	28,4	33,1	5,4	2,79	1,13
... laute Musik aus Fahrzeugen überwacht und geahndet werden.	22,2	22,0	31,7	20,8	3,3	2,53	1,07
... Radfahren finanziell belohnt werden.	31,9	12,5	22,9	26,7	5,9	2,47	1,22
... Bus- und Bahnfahren finanziell belohnt werden.	22,2	10,9	30,5	32,2	4,3	2,76	1,15
... das Zufußgehen finanziell belohnt werden.	25,1	10,9	28,1	29,8	6,1	2,67	1,18

Tabelle 7: Aufschlüsselung der Zustimmung bezüglich Maßnahmen zur Minderung von Straßenverkehrslärm sowie Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD).

¹⁵ Die Mittelwerte beziehen sich auf eine vierstufige Skala von "stimme nicht zu": 1 bis "stimme zu": 4.

Grundsätzlich fielen die Zusammenhänge zwischen *Maßnahmenakzeptanz* und *Sozialverträglichkeit* häufig schwächer aus als die Zusammenhänge mit dem Konstrukt *Lärmempfindlichkeit* (siehe Tabelle 8). Die stärksten Zusammenhänge zwischen Maßnahmenakzeptanz und Lärmempfindlichkeit ergaben sich für die Items 'Überwachung laute Musik' ($r=0,338$, $<0,001$) und 'Überwachung Lärmblitzer' ($r=0,323$, $<0,001$). Die Ergebnisse belegen ferner, dass die Maßnahmenakzeptanz von der Häufigkeit der Nutzung des eigenen PKW abhängt. Der Unterschied in der Maßnahmenakzeptanz, aufgeteilt nach der Nutzungshäufigkeit des eigenen PKW ist für alle Maßnahmen statistisch signifikant. Abbildung 9 und Tabelle 9 zeigen, dass mit Zunahme der Benutzungshäufigkeit des eigenen PKW die grundsätzliche Zustimmung bezüglich Maßnahmen zur Minderung von Straßenverkehrslärm abnimmt.

	Lärmempfindlichkeit		Sozialverträglichkeit	
Maßnahme	Pearson's r	p-Wert	Pearson's r	p-Wert
Fahrverbote tagsüber	0,270***	< 0,001	0,099	0,065
Fahrverbote nachts	0,290***	< 0,001	0,124*	0,019
Geschwindigkeitsreduzierung	0,213***	< 0,001	0,229***	< 0,001
Lärmplakette	0,215***	< 0,001	0,180***	< 0,001
Überwachung (Lärmblitzer)	0,323***	< 0,001	0,153**	0,004
Überwachung laute Musik	0,338***	< 0,001	0,123*	0,020
Belohnung von Radfahren	0,166***	< 0,001	0,176***	< 0,001
Bel. von Bus- und Bahnfahren	0,134**	0,007	0,174***	< 0,001
Belohnung von Zufußgehen	0,144**	0,004	0,128*	0,017

Tabelle 8: Korrelative Zusammenhänge zwischen Maßnahmenakzeptanz und Lärmempfindlichkeit sowie Sozialverträglichkeit.

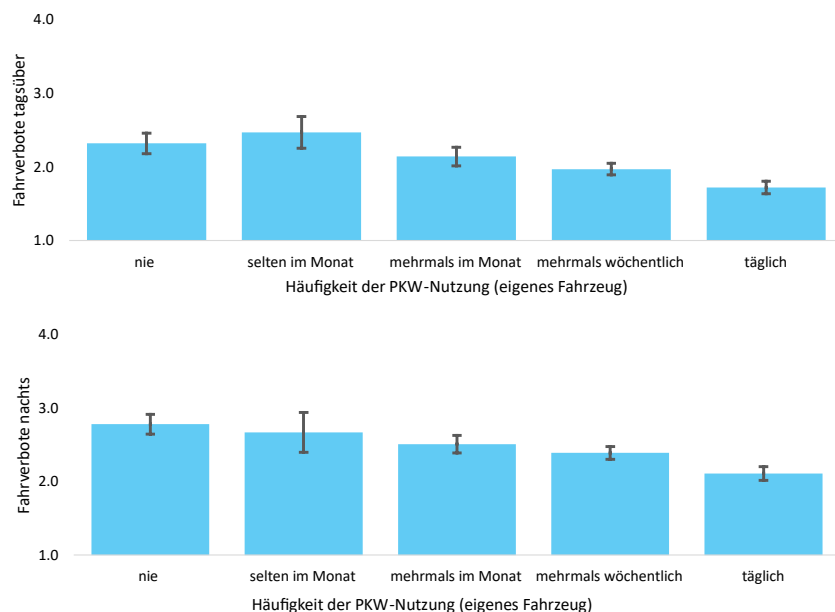


Abbildung 9: Zustimmung für Maßnahmen zur Minderung von Straßenverkehrslärm (oben: Entlastung von Wohngebieten durch Fahrverbote tagsüber, unten: Entlastung von Wohngebieten durch Fahrverbote nachts) über den Grad der Nutzungshäufigkeit des eigenen PKW. Arithmetische Mittelwerte und Standardfehler sind dargestellt.

Maßnahme	χ^2_{16}	df ¹⁷	p-Wert
Fahrverbote tagsüber	23,9	4	< 0,001
Fahrverbote nachts	18,2	4	0,001
Geschwindigkeitsreduzierung	24,1	4	< 0,001
Lärmplakette	26,0	4	< 0,001
Überwachung (Lärmblitzer)	23,4	4	< 0,001
Überwachung laute Musik	12,4	4	0,015
Belohnung von Radfahren	18,2	4	0,001
Belohnung von Bus- und Bahnfahren	14,2	4	0,007
Belohnung von Zufußgehen	14,4	4	0,006

Tabelle 9: Ermittlung statistisch signifikanter Unterschiede in der Akzeptanz von Maßnahmen bei Berücksichtigung der PKW-Nutzungshäufigkeit mittels einfaktorieller ANOVA¹⁸ (Kruskal-Wallis).

¹⁶ Die χ^2 -Verteilung ist eine stetige Wahrscheinlichkeitsverteilung über der Menge der nichtnegativen reellen Zahlen jeweils für eine gegebene Anzahl an Freiheitsgraden. Der χ^2 Wert wird ermittelt, um die Wahrscheinlichkeit zu bestimmen, inwiefern das beobachtete Ergebnis bei Gültigkeit der Nullhypothese (hier es besteht kein Unterschied) eintritt (vgl. Bortz, 2005).

¹⁷ df gibt die Anzahl an Freiheitsgrade an, die bei der Bestimmung der für verschiedene statistische Tests adäquaten Prüfverteilung benötigt wird (vgl. Bortz, 2005).

¹⁸ ANOVA (Analysis of Variance) ist eine allgemeine Bezeichnung für Verfahren zur statistischen Überprüfung von Mittelwertunterschieden zwischen Gruppen (vgl. Bortz, 2005).

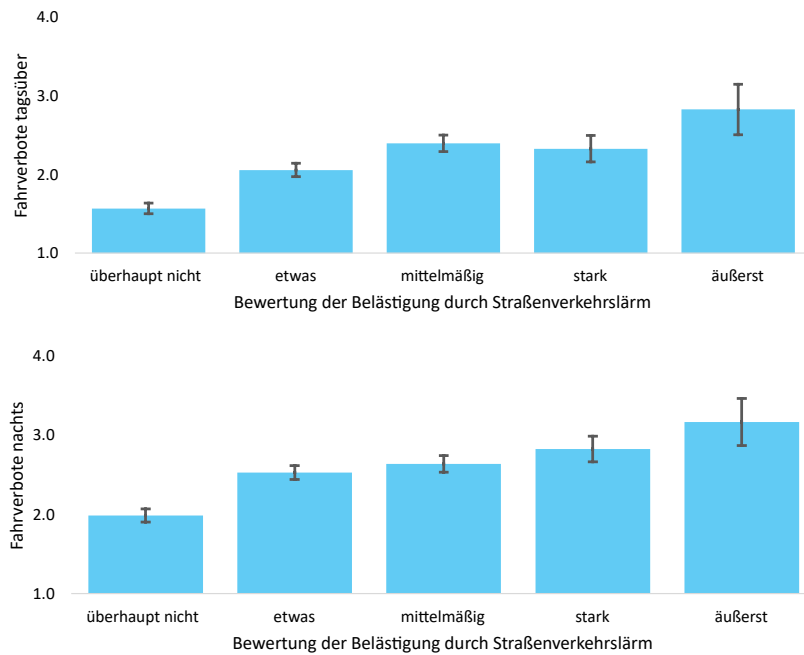


Abbildung 10: Zustimmung für Maßnahmen zur Minderung von Straßenverkehrslärm (oben: Entlastung von Wohngebieten durch Fahrverbote tagsüber, unten: Entlastung von Wohngebieten durch Fahrverbote nachts) über den Grad der Lärmbelästigung durch Straßenverkehrslärm. Arithmetische Mittelwerte und Standardfehler sind dargestellt.

Hingegen stimmen Personen, die sich stärker von Straßenverkehrslärm betroffen fühlen, statistisch signifikant den Maßnahmen zur Minderung von Straßenverkehrslärm mehr zu, wie Abbildung 10 exemplarisch verdeutlicht wird. Tabelle 10 zeigt, dass dieser Zusammenhang für alle abgefragten Maßnahmen gilt. Eine stärkere Betroffenheit durch Straßenverkehrslärm erhöht die Akzeptanz von Maßnahmen zur Minderung von Straßenverkehrslärm.

Maßnahme	χ^2	df	p-Wert
Fahrverbote tagsüber	60,2	4	<0,001
Fahrverbote nachts	42,4	4	<0,001
Geschwindigkeitsreduzierung	20,2	4	<0,001
Lärmplakette	34,9	4	<0,001
Überwachung (Lärmblitzer)*	42,7	4	<0,001
Überwachung laute Musik	38,3	4	<0,001
Belohnung von Radfahren	19,8	4	<0,001
Belohnung von Bus- und Bahnfahren	16,6	4	0,002
Belohnung von Zufußgehen	17,9	4	0,001

Tabelle 10: Ermittlung statistisch signifikanter Unterschiede in der Akzeptanz von Maßnahmen bei Berücksichtigung der berichteten Lärmbelästigung durch Straßenverkehrslärm mittels einfaktorieller ANOVA (Kruskal Wallis).

3.3.6 Motorisierter Individualverkehr, Fahrweisen und Eco-Drive

Im Folgenden werden die Befragungsergebnisse bezüglich des Fahrverhaltens mit Kraftfahrzeugen sowie das Wissen um und die Nutzung von Eco-Drive näher betrachtet. In Tabelle 11 ist zu erkennen, dass vornehmlich regelmäßig der eigene PKW im Rahmen des motorisierten Individualverkehrs genutzt wird. Über 2/3 der Befragten nutzen das eigene Kraftfahrzeug von mehrmals in der Woche bis täglich. Dagegen nutzt nur ein geringer Anteil der Befragten spezifische und in der Regel lautere Fahrzeuge wie Kraftfahräder, Busse, Sportwagen, SUV oder Geländewagen.

Die korrelativen Zusammenhänge zwischen den Antworten zur Nutzungshäufigkeit des eigenen Kraftfahrzeuges und den Möglichkeiten umweltfreundlicherer Mobilitätsangeboten waren durchweg negativ (Zufußgehen: *Spearman's* $\rho=-0,24^{***}$, ÖPNV: *Spearman's* $\rho=-0,16^{***}$, Fahrradfahren *Spearman's* $\rho=-0,42^{***}$). Erwartungsgemäß führt eine regelmäßige Nutzung des eigenen PKW zur geringeren Nutzungshäufigkeit von umweltfreundlicheren Verkehrsmitteln. Bei der Angabe zum Wunschverkehrsmittel gaben die Vielfahrenden des eigenen PKW (mehrmals wöchentlich bis täglich) auch mehrheitlich als Wunschfahrzeug den eigenen PKW an (62,9%), wohingegen von dieser Gruppe nur 13,3% bzw. 8,4% das Fahrradfahren oder den ÖPNV bevorzugen würden. Hierbei ist zu erkennen, dass die Nutzenden des motorisierten Individualverkehrs vornehmlich diesen präferieren und weniger andere Verkehrsmittel nutzen.

Tabelle 12 zeigt, wie bestimmte Fahrweisen auf die Befragten gemäß deren Einschätzungen zutreffen. Die hohe Anzahl an Antworten „trifft nicht zu“ ($n>130$, $>30\%$) auf die Frage nach der Verwendung von „Eco-Drive“ sowie den Motiven für die Anwendung einer ökologischen Fahrweise deutet auf eine fehlende Kenntnis dieses Begriffs für eine Mehrheit der Befragten hin.

Wie oft benutzen Sie die folgenden Verkehrsmittel?	nie	seltener als 1-mal pro Monat	einmal bis mehrmals im Monat	mehrmals wöchentlich	täglich	Deskriptive Statistik	
	Angaben in %					MW ¹⁹	SD
Zufußgehen (Strecken > 1 km)	3,1	5,4	15,8	35,7	40,0	4,04	1,03
Fahrrad	26,0	27,2	19,6	18,7	8,5	2,57	1,29
ÖPNV	23,9	22,2	20,1	22,5	11,3	2,75	1,34
Kraftrad	71,6	11,3	8,5	6,6	1,9	1,56	1,02
PKW (eigenes Fahrzeug)	13,2	3,5	15,8	36,9	30,5	3,68	1,30
PKW (gemietet/Carsharing)	77,8	14,4	3,8	3,5	0,5	1,35	0,76
Van/Bus	73,3	11,3	7,6	4,0	3,8	1,54	1,05
Sportwagen	91,7	2,1	2,1	2,8	1,2	1,20	0,72
Geländewagen, SUV, Pick-up	84,9	4,3	3,3	4,0	3,5	1,37	0,98

Tabelle 11: Angaben zur Nutzungshäufigkeit von Verkehrsmitteln sowie Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD).

Diese Annahme wird gestützt durch die Tatsache, dass fast die Hälfte der Befragten (n=192, >45%) angibt, den Begriff "Eco-Drive" entweder noch nie gehört zu haben oder zwar schon einmal davon gehört zu haben, aber keine genauen Angaben dazu machen zu können. Die Ergebnisse legen nahe, dass ökologische Fahrweisen in der Gesamtbevölkerung unzureichend verbreitet sind, abgelehnt werden oder im Alltag überhaupt keine Rolle spielen, weshalb die Ausweichoption anstelle von „überhaupt nicht“ bzw. „stimmt nicht“ verwendet wurde. Die Personen, die einer regelmäßigen Nutzung von Eco-Drive zustimmten, befürworteten in der Mehrheit die verschiedenen Möglichkeiten der ökologischen Fahrweise. Die höchste Zustimmung erhielt die Aussage, dass „Eco-Drive“ angewendet wird, um Kraftstoff zu sparen (MW: 3,53), wohingegen die Verminderung von Lärm die geringste mittlere Zustimmung bekam (MW: 2,60).

Dies verdeutlicht, dass das Thema Lärminderung bei der Anwendung einer ökologischen Fahrweise häufig eine untergeordnete Rolle spielt. Diese Ergebnisse decken sich mit Ergebnissen von anderen Untersuchungen, die ebenfalls feststellten, dass einer der wichtigsten Faktoren für die Anwendung von Eco-Drive unter Autofahrenden das Treibstoffsparpotential ist, während das Ziel der Lärmreduktion bzw. -vermeidung nur einen geringen Stellenwert genießt, vgl. Moser et al. (2013b, S. 81).

¹⁹ Die Mittelwerte (MW) beziehen sich auf eine fünfstufige Skala von "nie": 1 bis "täglich": 5.

Wie sehr treffen folgende Aussagen auf Sie zu?	Überhaupt nicht	etwas	mittelmäßig	stark	äußerst	Deskriptive Statistik	
	Angaben in %					MW ²⁰	SD
Ich verwende Eco-Drive regelmäßig. (trifft nicht zu: n=134)	25,2	10,0	21,5	26,3	17,0	3,00	1,44
Ich will beim Autofahren/Motorradfahren möglichst wenig Lärm verursachen. (trifft nicht zu: n=44)	9,7	16,1	27,2	29,4	17,5	3,29	1,21
Ich will den CO ₂ -Ausstoß beim Autofahren/Motorradfahren möglichst geringhalten. (trifft nicht zu: n=36)	8,7	13,3	24,5	30,7	22,8	3,46	1,22
Inwiefern stimmen Sie den folgenden Aussagen zu oder nicht zu? „Ich verwende Eco-Drive um...“	stimmt nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt genau	trifft nicht zu (Fälle)	MW²¹	SD
... Kraftstoff zu sparen.“	3,3	1,4	34,4	60,9	128	3,53	0,69
... Lärm zu vermindern.“	14,2	29,2	38,6	18,0	136	2,60	0,94
... Verschleiß zu verringern.“	7,8	16,0	42,5	33,6	136	3,02	0,90
... die Umwelt zu schonen.“	7,7	10,7	42,6	39,0	133	3,13	0,89

Tabelle 12: Angaben zu verschiedenen Aspekten des Fahrverhaltens sowie Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD)

Tabelle 13 zeigt die Angaben zur regelmäßigen Berücksichtigung verschiedener fahrbezogener Handlungsweisen. Hierbei zeigt sich, dass der Anteil an Personen, die ausweichen (*keine Angabe*) oder auch gar nicht derartige Fahrweisen praktizieren, deutlich geringer ausfallen als bei den Fragen zur Anwendung von Eco-Drive aus Tabelle 12. Dies zeigt, dass konkrete Möglichkeiten für ökologischeres Fahren durchaus häufiger genutzt werden, jedoch nicht zwingend mit Begriff „Eco-Drive“ verbunden werden. Die häufigsten genutzten fahrbezogenen Handlungen sind 'Vorausschauendes Fahren' (MW: 4,51) und 'Regelmäßige Fahrzeuginstandhaltung' (MW: 4,53), wobei hier möglicherweise neben Umweltaspekten auch andere Motive, wie Sicherheit, eine Rolle spielen. Auch diese Ergebnisse sind im Einklang mit Moser et al. (2013b), die ebenfalls feststellten, dass Unfallvermeidung und die Senkung von Treibhausemissionen wichtige Motivationsgründe für die Nutzung von Eco-

²⁰ Die Mittelwerte beziehen sich auf eine fünfstufige Skala von "überhaupt nicht": 1 bis "äußerst": 5.

²¹ Die arithmetischen Mittelwerte einschließlich der Ermittlung der Standardabweichungen sowie die Prozentangaben wurden ohne die Berücksichtigung der Ausweichoption ("trifft nicht zu") berechnet. Dabei fließen auch nicht die Personen ein, die gar keine Beantwortung der Fragen zur Fahrweise angegeben hatten. 18 bis 20 Personen enthielten sich bei diesen Items. Die Mittelwerte beziehen sich auf eine vierstufige Skala von "stimmt nicht": 1 bis "stimmt genau": 4.

Drive sind. Die geringste regelmäßige Berücksichtigung einer Handlungsweise ist der 'Verzicht auf das Abspielen von Musik bei geöffneten Fenstern' (MW: 3,10) mit der höchsten Rate (17,3%) an Antworten „nie“, was erneut auf den geringeren Stellenwert der Lärmvermeidung hinweist.

Wie oft achten Sie auf die folgenden Aspekte beim Fahren?	nie	selten	manchmal	oft	immer	Deskriptive Statistik	
	Angaben in %					MW ²²	SD
Abstellen des Motors bei Stillstand. (k.A.: n=10)	6,1	7,6	19,7	33,6	33,1	3,80	1,16
Verzicht auf das Abspielen von Musik bei geöffneten Fenstern (k.A.: n=12)	17,3	20,6	19,8	20,1	22,3	3,10	1,41
Niedertouriges Fahren (k.A.: n=21)	2,3	5,7	21,3	43,6	27,0	3,87	0,95
Vermeidung von unnötigem Hupen (k.A.: n=13)	1,5	3,1	6,4	24,4	64,6	4,48	0,86
Regelmäßige Kontrolle des Reifendrucks (k.A.: n=13)	2,3	11,7	30,5	31,6	23,9	3,63	1,04
Vorausschauendes Fahren (k.A.: n=8)	0,3	1,5	5,0	33,2	60,1	4,51	0,69
Regelmäßige Fahrzeuginstandhaltung (TÜV) (k.A.: n=17)	-	2,6	8,2	22,9	66,3	4,53	0,76

Tabelle 13: Angaben zur Häufigkeit der Nutzung bestimmter fahrbezogener Handlungen sowie Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD).

Individuelle Vorschläge für lärmmindernde und lärmbewusste Fahrweise

Das Item 41 (siehe Anhang C) bestand darin, dass die Befragten per Freitextangabe Beispiele und Ideen zur Umsetzung lärmmindernder bzw. lärmbewusster Fahrweise nennen konnten. Insgesamt über 75% aller Befragten nutzten diese Möglichkeit und beschrieben Ideen und Vorschläge. Insgesamt gab es 486 verschiedene Vorschläge bezüglich lärmbewusster Fahrweise. Abbildung 11 zeigt die Verteilung der Angaben auf wesentliche Oberkategorien, die inhaltlich die vielfältigen Vorschläge bündeln. Der größte Anteil an Kommentaren entfiel Vorschläge, die unmittelbar auf die Fahrweise bezogen waren. Am häufigsten wurden insgesamt „langsames Beschleunigen“ (61) und „niedertouriges Fahren“ (56) genannt (siehe Tabelle 14).

²² Die arithmetischen Mittelwerte einschließlich der Ermittlung der Standardabweichungen sowie die Prozentangaben wurden ohne die Berücksichtigung der Auswechoption ("keine Angabe") berechnet. Dabei fließen auch nicht die Personen ein, die gar keine Beantwortung der Fragen zur Fahrweise angegeben hatten. Insgesamt 17 Personen enthielten sich vollständig bei diesen Items. Die Mittelwerte beziehen sich auf eine fünfstufige Skala von "nie":1 bis "immer":5.

Clusterung der individuellen Vorschläge für lärmbewusste Fahrweise



Abbildung 11: Individuelle Vorschläge für lärmbewusste Fahrweise, die nach Oberkategorien geclustert wurden. Insgesamt wurden 486 Vorschläge von 318 Befragten angegeben.

Fast 80% der Vorschläge zur „**Fahrweise**“ entfielen auf die Nennungen „*langsames beschleunigen*“, „*niedertourig fahren*“, „*vorausschauendes Fahren*“, „*vorschriftsmäßig fahren*“, „*langsam anfahren*“, „*langsam fahren*“ und „*gleichmäßiges fahren*“. Dazu kommen weitere Hinweise, wie „*auf Gasspiel verzichten*“, „*Hupen vermeiden*“, den „*Motor beim Warten abstellen*“ oder „*weniger zu fahren*“.

Hinter der Oberkategorie „**Fahrweise**“, worauf die Fragestellung auch unmittelbar abzielte, folgten diverse Vorschläge zu „**Regelungen**“, in der Maßnahmen zur sozio-ökonomischen sowie rechtlich-politisch-administrativen Ebene thematisiert wurden. Hierbei wurden Maßnahmen, wie „*Strafen für Lärmsünder*“ (einschließlich der Forderung nach mehr Kontrollen), die „*Reduzierung der zugelassenen Höchstgeschwindigkeit*“, ein „*Verbot lauter Komponenten*“, „*Verschärfung von Zulassungsanforderungen*“, „*Lärmblitzer*“ oder auch die Einführung von entsprechenden „*Gesetzen*“, z.B. „*Tuning generell zu verbieten*“, vorgeschlagen. Auch die Forderung nach einer verpflichtenden „*Schulung in Fahrschulen*“ wurde dieser Oberkategorie zugeordnet. Somit sind mehr als 35% aller Vorschläge und Ideen weniger dem Bereich des persönlichen Verhaltens zuzuordnen, sondern zielen vielmehr auf eine legislative bzw. exekutive Bearbeitung des Themas ab.

In der Oberkategorie „**Kraftfahrzeug**“ sind Vorschläge wie „*Elektrofahrzeug fahren*“ (15), die Wahl „*leiser Reifen*“, „*leiser Motoren*“ oder „*leiser Abgasanlagen*“ zu nennen. In der Oberkategorie „**Infrastruktur**“ sind Vorschläge wie „*lärmmindernde Fahrbahnbeläge*“, „*Verkehrsmanagement*“, „*Umfahrungsstraßen*“ oder allgemein „*Lärmschutz*“ enthalten.

In der Oberkategorie „**Verhalten allgemein**“ sind allgemeine Vorschläge wie „*Lärbewusstsein fördern*“, „*mehr Rücksichtnahme und Umsicht*“ sowie „*mehr Eigenverantwortung*“ zugeordnet.

Individuelle Vorschläge für lärmbewusste Fahrweise per Freitexteingabe	Absolute Anzahl an Nennungen
langsames beschleunigen	61
niedertourig fahren	56
Strafen für Lärmsünder	36
vorausschauendes fahren	29
Reduzierung der zugelassenen Höchstgeschwindigkeit	24
Verbot lauter Komponenten	20
Lärbewusstsein fördern	15
Elektrofahrzeug fahren	15
Zulassungsanforderungen verschärfen	13
vorschriftsmäßig fahren	13
sanftes bremsen	10
langsam anfahren	10
Schulung in Fahrschulen	10

Tabelle 14: Am häufigsten genannte individuelle Vorschläge für lärmbewusste Fahrweise per Freitexteingabe.

Abbildung 12 zeigt die Zuordnung der verschiedenen Kommentare bezogen auf die Ebenen zur Förderung lärmbewussten Verhaltens aus dem Phasenmodell von Moser et al. (2013a). Erwartungsgemäß entfallen mehr als die Hälfte der Vorschläge auf die „personale Ebene“, da auch die Fragestellung, Beispiele und Ideen zur Umsetzung lärmindernder bzw. lärmbewusster Fahrweisen zu nennen, stark in diese Richtung deutete. Jedoch ist ebenso ersichtlich, dass vielfach auch die rechtlich-politisch-administrative Ebene adressiert wurde und Vorschläge häufig zu gesetzlichen Regelungen eingebracht wurden. Bei der physisch-materiellen Ebene wurden häufig konkrete Maßnahmen am Kraftfahrzeug genannt, wohingegen bei der sozio-kulturellen Ebene die kollektive Stärkung des Lärmbewusstseins im Vordergrund stand. Auf die sozio-ökonomische Ebene entfielen Vorschläge, wie die Schaffung von Anreizen für leise Fahrzeuge oder leise Reifen sowie die Sanktionierung lauten Handelns. Damit wurden auf allen Ebenen Vorschläge für lärmbewusstes Fahren in der Befragung durch die Versuchsteilnehmenden selbstständig formuliert.

Clusterung der individuellen Vorschläge für lärmbewusste Fahrweise nach Ebenen

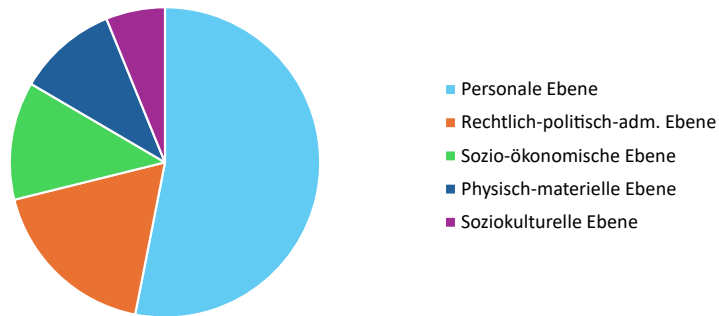


Abbildung 12: Individuelle Vorschläge für lärmbewusste Fahrweise, die nach Ebenen nach Moser et al. (2013a) kategorisiert wurden.

Sentiment-Analyse der abschließenden Kommentare im Rahmen der Online-Befragung

Die vorliegende Sentimentanalyse untersucht die Kommentare von Befragten, die zum Abschluss der Befragung bei Bedarf angegeben werden konnten. Ziel der Analyse ist es, die allgemeine Stimmung der Teilnehmenden nach der vollständigen Beantwortung der Fragen zu den Themen Lärmbewusstsein und Lärmverhalten im Individualverkehr zu erfassen und wesentliche Themen zu identifizieren, die in den Kommentaren angesprochen wurden. Insgesamt merkten 115 noch etwas zur Befragung unter dem letzten Item 73 im Fragebogen an.²³

Für eine automatisierte Analyse der Kommentare wurde *GerVADER* benutzt, eine deutsche Open-Source-Library (Tymann et al., 2019). Die Anzahl der Tools, die die Sentiment-Analyse deutschsprachiger Texte unterstützen, ist im Verhältnis zu den Angeboten für die englische Sprache zwar kleiner, dennoch lässt sich mittlerweile eine Vielfalt nützlicher Modelle und Funktionen konstatieren (vgl. Siegel und Alexa, 2020). Die Methode *GerVADER* verwendet ein Lexikon von Wörtern mit vordefinierten Sentimentwerten, um die Stimmung eines Textes zu ermitteln. *GerVADER* berücksichtigt sprachliche Nuancen wie Großschreibung, Interpunktion (z.B. Ausrufezeichen) und Intensivierer (z.B. sehr, extrem). Die Analyse fand auf Kommentarbasis, d.h. pro teilnehmende Person, statt. Kommentare, die darauf hinwiesen, keine weiteren Informationen zu geben, wurden aus dem Textkorpus entfernt.

Abbildung 13 zeigt die generelle Verteilung der Stimmung unter den Eingaben der Versuchspersonen, die automatisiert auf Basis der Texteingabe mittels *GerVADER* extrahiert wurde.

²³ Item 73: Möchten Sie zu dieser Befragung oder zum besseren Verständnis Ihrer Antworten noch etwas anmerken? Ist Ihnen während der Teilnahme an dieser Befragung etwas negativ aufgefallen? Waren die Fragen an einer Stelle nicht klar oder war Ihnen die Beantwortung unangenehm? Gibt es Themen, die Ihrer Meinung nach wichtig sind, aber nicht adressiert wurden? Bitte schreiben Sie kurz ein paar Stichworte dazu. Nach Bereinigung von Angaben ohne Anmerkungscharakter (z.B. nein, nichts, keine, nichts aufgefallen, keine Anmerkungen) konnten 87 Kommentare zur Sentiment-Analyse genutzt werden.

KLASSIFIZIERUNG DER FREITEXTKOMMENTARE MITTELS SENTIMENTANALYSE

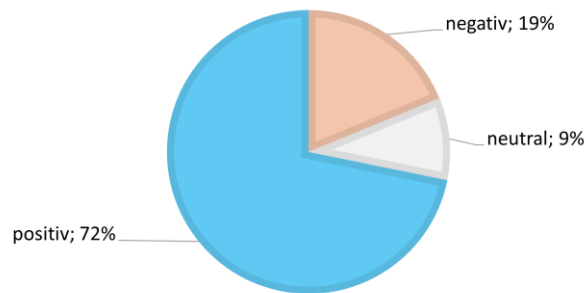


Abbildung 13: Prozentuale Anteile der mittels Sentimentanalyse (GerVader) ermittelten positiven, negativen und neutralen Kommentare, die zum Abschluss der Befragung gegeben wurden.

Größtenteils wurden per Sentiment-Analyse positive Kommentare ermittelt und nur ca. 20% wurden als „negativ“ klassifiziert. D.h. die Mehrheit der Befragten äußerte sich tendenziell positiv, sofern Sie von der Möglichkeit der Kommentareingabe Gebrauch machten. Der hohe Anteil an positiven Kommentaren zeigt, dass die Befragung von vielen als methodisch und inhaltlich seriös und sinnvoll angesehen wurde (z.B. sehr interessant, gut durchdacht und strukturierter Fragebogen, der Fragebogen ist klar und verständlich). Dazu sind positive Kommentare zu finden, die sich auf die Zustimmung zur umweltbewussten und leisen Mobilität beziehen, aber auf die Herausforderungen im ländlichen Bereich hinweisen, wenn es um den potentiellen Verzicht auf den MIV geht.²⁴ Aber auch konkrete Hinweise auf mögliche Anknüpfungspunkte zur Lärminderung wurden punktuell aufgezeigt.²⁵ Negative Kommentare bezogen sich häufiger auf die Länge des Fragebogens, auf spezifische Fragetypen, die kompliziert in der Beantwortung waren (Rangreihenfolge) oder auf die vermeintlich fehlende Neutralität bei der Gestaltung des Fragebogens.²⁶

3.3.7 Lärmbewusstes Kaufverhalten

Die große Mehrheit (72,8%) würde beim Kauf eines neuen Gerätes sich für eine höhere Energieeffizienzklasse entscheiden und mehr Geld ausgeben, wenn es sich mit den Einsparungen durch die Energiekosten rechnet. Nur 17,3% dagegen gaben an, sich auch für eine höhere Energieeffizienzklasse zu entscheiden, wenn es sich nicht ökonomisch rechnet. Nur wenige Befragte interessieren sich nicht für die Energieeffizienzklasse beim Produktkauf (9,9%). Passend gaben ca. 75% der Befragten an, dass beim Kauf eines Produktes generell die angegebene Energieeffizienzklasse „wichtig“ bis „sehr wichtig“ sei.

²⁴ „Die Ideen auf z.B. das Auto zu verzichten, finde ich immer reizvoll, jedoch ist das nicht in jeder Gegend möglich. Ich bin bewusst der Ruhe wegen auf das Land gezogen und muss ein Auto hauptsächlich zur Ausübung meines Berufes nutzen. Extra laute Fahrweisen habe ich noch nie nachvollziehen können, genauso wenig wie jemand freiwillig an einer viel befahrenen Straße wohnen möchte.“

²⁵ Z.B. „Es wäre wichtig die sinnlosen Feuerwerke abzuschaffen“, „Ich finde generell sollte man das Volumen der Fahrzeuge verringern, dann wird der Lärm automatisch auch viel weniger und viele andere Herausforderungen wie Stau würden auch gelöst. Dies sollte man v.a. auch durch Anreize schaffen durch Wohnen in der Nähe des Jobs“, „Lärm in meiner Heimatstadt kann einfach vermieden werden, wenn man eine Umfahrung errichtet“, Ich würde mir noch ein Themenfeld zur Lärmprävention z.B. durch natürliche Lärmschutzwände wünschen.“

²⁶ z.B. „einige Suggestivfragen, man weiß, worauf die Frage hinauswill“, „das geht schon wieder in eine Richtung, neutral ist anders“, „das nächste Tamtam was aufgebauscht wird“, „diese Autofeindlichkeit ist echt eine Frechheit“.

Wie in Tabelle 15 zu erkennen, spielt beim Produktkauf bezogen auf verschiedene Produktklassen das Thema Lärmvermeidung bzw. Lärminderung häufig nur eine untergeordnete Rolle. Lediglich beim Kauf von Haushaltsgeräten bestätigte die Mehrheit, beim Kauf den Aspekt der produktbezogenen Geräuschentwicklung zu berücksichtigen. Beim Kraftfahrzeug spielte dieser Aspekt nur für 31,0% eine Rolle. Hierbei lässt sich vermuten, dass bei Haushaltsgeräten vor allem aus (egoistischen) Komfortgründen die Akustik beim Kauf eine Rolle spielt und weniger die akustische Entlastung anderer Personen im Vordergrund steht.

Hat Lärmvermeidung oder -minderung bei der Anschaffung oder Nutzung der folgenden Produktklassen eine Rolle gespielt?	nein	ja	trifft nicht zu
Gartengeräte	47,0	30,3	22,7
Haushaltsgeräte	37,1	58,6	4,3
Kraftfahrzeug	56,5	31,0	12,5
Elektronik und Unterhaltungsmedien	52,2	41,4	6,4
Werkzeug	58,9	25,5	15,6

Tabelle 15: Angaben zur Berücksichtigung des Themas Lärmvermeidung oder -minderung bei der Anschaffung oder Nutzung über verschiedene Produktklassen.

Demzufolge zeigte sich auch bei der Frage nach den wichtigsten Faktoren für den Kauf eines Produktes im Ranking die untergeordnete Bedeutung des Themas Geräuschmission. Eine "geringe Produktlautstärke" bekam im Mittel (Median) nur Rang 5 zugewiesen, wohingegen die Themen "Langlebigkeit" (Rang 2 (Median)) und "hohe Funktionalität" (Rang 2 (Median)) als besonders wichtig eingeschätzt wurden.

Bezüglich der altruistischen Aussage „Für besonders lärmarme Produkte gebe ich gern mehr Geld aus, denn davon profitieren alle“ wurde der Grad der Zustimmung abgefragt. Hier zeigte sich, dass 41,4% zustimmten (*stimmt eher* und *stimmt genau*), wohingegen 47,1% nicht zustimmten (*stimmt gar nicht* und *stimmt eher nicht*), bei 11,6% Enthaltungen.

Betrachtet man den korrelativen Zusammenhang zwischen den Angaben zur Bereitschaft für lärmarme Produkte mehr Geld auszugeben mit der Einordnung mittels Rangreihenfolge der Relevanz einer „geringen Produktlautstärke“ beim Produktkauf, ist erwartungsgemäß ein hochsignifikanter negativer Korrelationskoeffizient (*Spearman's $\rho = -0,36$*) gegeben. D.h. wird geringere Produktlautstärke beim Kauf eine niedrige Relevanz zugeordnet, wird gleichzeitig der Zusage nicht zugestimmt, für lärmarme Produkte mehr Geld auszugeben.

3.3.8 Werteorientierung

Im Rahmen der Befragung wurde zudem die Werteorientierung mittels wertebasiertem Framing (*value-based-framing*) erhoben. Nach Schwartz (1992, 1994) existieren drei Arten von Wertevorstellungen: *egoistische*, *altruistische* und *biosphärische*, die die Intention Lärm vermeiden zu wollen, moderieren können, vgl. z.B. Lauper et al., 2016. Diese drei Wertevorstellungen wurden in allgemeinen, umweltbezogenen Aussagen eingebettet (geframed), um deren Wirkung für Verhaltensbildungsprozesse zu analysieren. Die umweltbezogenen Aussagen sind an frühere Untersuchungen des Umweltbundesamts zum Umweltbewusstsein angelehnt (vgl. Belz et al., 2022).

Aus Tabelle 16 ist zu entnehmen, dass die überwiegende Mehrheit der Befragten (87,2%) zustimmt, dass die umweltfreundliche Gestaltung von Städten eine gemeinsame gesellschaftliche Aufgabe ist. Die Mehrheit der Befragten gibt zudem an, gewillt zu sein, mehr Einschränkungen zugunsten der Umwelt in Kauf nehmen (74,8%). Paradoxerweise befürwortet jedoch 60% der Befragten erneuerbare Energiequellen nicht, wenn diese in unmittelbarer Nähe zum Wohnort stehen und 75% der Befragten stimmen zu, dass Umweltmotive als Vorwand für Preiserhöhungen verwendet werden. Gleichzeitig geben 74,8% an, dass sie bereit wären, mehr für die Umwelt zu tun, wenn es dafür mehr Anreize gäbe. Dieses scheinbar kontradiktorische Antwortverhalten verdeutlicht, dass trotz des altruistisch und biosphärisch befürworteten Framings, egoistische Werteorientierungen, z.B. im Hinblick auf persönlichen Nutzen oder die Vermeidung von Nachteilen, stets die Einstellungen und somit das Verhalten beeinflussen können. Dies bestätigen auch die summierten Mittelwerte der Items pro Framing-Typ, aus denen hervorgeht, dass die normativen Wertevorstellungen bezogen auf Umweltthemen unter den Befragten ähnlich stark ausgeprägt sind (altruistisch MW: 0,69, biosphärisch MW: 0,64, egoistisch MW: 0,64, wobei hier auch unvollständige Antworten in die Werte einfließen). Zugleich ist das Antwortverhalten ein Indiz dafür, dass die Befragten wahrheitsgemäß geantwortet haben.

Betrachtet man die korrelativen Zusammenhänge zwischen altruistisch und biosphärischen geframten Aussagen zu umweltbezogenen Themen und den Angaben Eco-Drive anzuwenden, um die Umwelt zu schonen, ist erwartungsgemäß ein hochsignifikanter positiver Korrelationskoeffizient (altruistisch: *Spearman's* $\rho = 0,36^{***}$ und biosphärisch: *Spearman's* $\rho = 0,52^{***}$) gegeben. Dies gilt auch für die Anwendung von Eco-Drive, um Lärm zu vermeiden (altruistisch: *Spearman's* $\rho = 0,32^{***}$ und biosphärisch: *Spearman's* $\rho = 0,29^{***}$). Die korrelativen Zusammenhänge fallen bei der Anwendung von Eco-Drive, um Kraftstoff zu sparen deutlich geringer aus und sind bei dem egoistischen Framing für keinen der Eco-Drive Motivatoren vorhanden.

3.3.9 Verantwortungsübernahme

Da basierend auf den Erkenntnissen der Literaturrecherche die Verantwortungsübernahme eine zentrale Rolle für die Konsolidierung lärmbewussten Verhaltens spielt, wurde diese am Beispiel der Produktion und Vermeidung von Straßenverkehrslärm und beim Fahren eines Kraftfahrzeuges erhoben. Die hierfür verwendeten Items wurden teilweise von Moser et al. (2013b) übernommen. Wie aus Tabelle 17 zu entnehmen, ist sich die Mehrheit der Befragten (75%) dessen bewusst, dass sie beim Fahren eines Kraftfahrzeuges Lärm produzieren, der gesundheitsgefährdend sein kann und im Klaren, dass dieser Lärm die Lebensqualität von Menschen und anderen Lebewesen beeinträchtigen kann. Dennoch, wie aus Tabelle 18 ersichtlich, ist der Grad der Zustimmung bei den Items *„Ich habe ein schlechtes Gewissen, wenn ich Straßenlärm verursache“*, gefolgt von *„Ich fühle mich persönlich dafür verantwortlich, etwas für die Reduktion des Straßenlärms zu tun“* am geringsten (MW: 2,46 und MW: 2,63). Knapp ein Drittel der Befragten gab an, dass diese Aussagen überhaupt nicht auf sie zutreffen würden. Dies verdeutlicht, dass die Verantwortungsübernahme für die Vermeidung und Reduktion von Straßenverkehrslärm bei einem beachtlichen Teil der Stichprobe nicht vorhanden ist. Betrachtet man das Gesamtkonstrukt der Verantwortungsübernahme, lässt sich bei einem normalisierten Mittelwert von 0,52 nahezu eine Normalverteilung im Antwortverhalten beobachten.

Inwiefern stimmen Sie den folgenden Aussagen zu oder nicht zu?	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu	keine Angabe	Deskriptive Statistik	
	Angaben in %					MW ²⁷	SD
Es empört mich, dass wir für zukünftige Generationen eine zerstörte Umwelt hinterlassen. (ALT)	7,5	29,3	33,5	29,8	0,05	2,86	0,93
Es ist unsere gemeinsame Aufgabe als Gesellschaft dafür zu sorgen, dass unsere Städte umweltfreundlicher gestaltet werden. (ALT)	4,4	8,5	41,2	46,0	0,02	3,28	0,80
Es macht mich traurig, wenn ich sehe, wie stark die Biodiversität unter den Folgen menschengemachter Umweltprobleme leidet. (BIO)	5,6	11,7	41,0	41,7	0,03	3,19	0,85
Das Wirtschaftswachstum sollte sich der Erreichung von Klimaschutzzielen unterordnen. (BIO)	13,4	23,3	35,1	28,2	0,04	2,78	1,00
Für mich ist es in Ordnung persönliche Einschränkungen in Kauf zu nehmen oder mehr Mühen auf mich zu nehmen zu Gunsten der Umwelt. (BIO)	8,9	18,0	46,6	26,4	0,02	2,91	0,89
Ich bin besorgt, wenn ich daran denke, dass wir auf dem besten Weg sind, unsere Klimaschutzziele für 2030 zu verfehlen. (BIO)	16,7	19,4	27,7	36,3	0,04	2,84	1,10
Ich finde erneuerbare Energiequellen wie Windkraftträder und Solaranlagen sinnvoll, solange sie nicht nahe meiner Nachbarschaft stehen. (EGO)	14,4	27,1	37,0	21,5	0,07	2,66	0,97
Das Thema Umwelt wird oft als Vorwand genutzt, um Preiserhöhungen durchzusetzen. (EGO)	6,3	17,2	34,1	42,4	0,02	3,13	0,91
Ich wäre bereit mehr für die Umwelt zu tun, wenn es dafür mehr Anreize gäbe. (EGO)	6,4	18,9	42,9	31,9	0,04	3,00	0,87

Tabelle 16: Aufschlüsselung der Zustimmung umweltbezogener Aussagen, mittels value-based-framing (altruistisches (ALT), biosphärisches (BIO), egoistisches (EGO) Framing) sowie arithmetische Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD).

²⁷ Die Mittelwerte beziehen sich auf eine vierstufige Skala von "stimme nicht zu":1 bis "stimme zu": 4.

Wie stark treffen folgende Aussagen auf Sie zu?	überhaupt nicht	etwas	mittelmäßig	stark	äußerst	keine Angabe	Deskriptive Statistik	
	Angaben in %						MW ²⁸	SD
Ich fühle mich persönlich dafür verantwortlich, etwas für die Reduktion des Straßenlärms zu tun.	26,4	20,7	24,9	18,5	9,4	0,04	2,63	1,30
Ich habe ein schlechtes Gewissen, wenn ich Straßenlärm verursache.	30,6	23,5	24,8	11,5	9,6	0,04	2,46	1,29
Aufgrund meiner Prinzipien versuche ich, Straßenlärm zu vermeiden.	16,5	19,2	26,0	23,8	14,5	0,04	3,00	1,29
Egal, was die anderen tun, ich selbst versuche, mich möglichst umweltbewusst zu verhalten.	6,8	13,2	26,3	33,4	20,2	0,03	3,47	1,15
Ich habe die Absicht, den durch mich verursachten Straßenlärm gering zu halten.	9,8	14,9	24,6	32,9	17,8	0,03	3,34	1,21

Tabelle 17: Angaben zu verschiedenen Aspekten der Verantwortungsübernahme für die Produktion und Vermeidung von Straßenlärm sowie Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD).

²⁸ Die Mittelwerte beziehen sich auf eine fünfstufige Skala von "überhaupt nicht": 1 bis "äußerst": 5.

Wie stark treffen folgende Aussagen auf Sie zu oder nicht zu? "Wenn ich ein Kraftfahrzeug fahre..."	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu	keine Angabe	Deskriptive Statistik	
	Angaben in %					MW ²⁹	SD
...produziere ich Lärm, der die Gesundheit anderer Menschen gefährdet.	8,4	16,7	52,0	22,9	0,04	2,89	0,85
...produziere ich für meine Umgebung Lärm.	20,8	29,6	35,2	14,4	0,07	2,43	0,98
...entsteht Lärm, der einen negativen Einfluss auf die Lebensqualität anderer Menschen hat.	14,4	28,3	38,2	19,1	0,47	2,62	0,95
...entsteht Lärm, der Wildtiere und Vögel beeinträchtigt.	12,7	19,9	46,9	20,6	0,47	2,75	0,92

Tabelle 18: Angaben zu verschiedenen Aspekten der Verantwortungsübernahme für die Erzeugung von Lärm beim Fahren eines Kraftfahrzeuges.

3.3.10 Lärmverhalten

Ein besonderes Augenmerk in der Befragung galt der Erhebung des individuellen Lärmbewusstseins bzw. -verhaltens. Werden alle Fragen mit Bezug zum Lärmbewusstsein bzw. lärmbewusstes Verhalten betrachtet (siehe Tabelle 19), wird eine interne Skalenreliabilität mit einem Cronbachs α von 0,736 erreicht, was bereits eine hohe interne Konsistenz nahelegt.

Item Nr.	Item mit Bezug zum Lärmverhalten	Cronbach α , bei Exklusion	MW	SD
1	Eine Person kommt zu mir ins Großraumbüro, um sich auszutauschen. Ich fühle mich unwohl, weil unser Gespräch andere im Büro stören könnte. (k.A.= 30)	0,732	2,72 (57,3%) ³⁰	0,96
2	Meine Waschmaschine braucht länger als geplant und schleudert nach 22 Uhr. Ich stelle die Maschine aus, um die Nachbarn auf keinen Fall so spät zu stören. (k.A.= 52)	0,728	2,06 (35,3%)	1,07
3	Es wäre mir unangenehm, wenn ein Kind, auf das ich aufpasse, im Zugabteil laut herumtobt. (k.A.= 12)	0,724	3,35 (78,3%)	0,79
4	Wenn ich mit einem Kraftfahrzeug unterwegs bin und an einer roten Ampel mit wartenden Personen stehe, fahre ich bei grün langsam und leise an, um die Personen nicht zu belästigen. (k.A.= 20)	0,720	2,63 (54,3%)	0,97

²⁹ Die Mittelwerte beziehen sich auf eine vierstufige Skala von "stimme nicht zu":1 bis "stimme zu": 4.

³⁰ Prozentangaben beziehen sich auf die prozentuale Ausprägung der Antwort, wobei "0%" die geringste Ausprägung und 100% die maximal höchste Ausprägung bezüglich lärmbewusstes Verhalten darstellt.

5	Wenn ich mit einem Kraftfahrzeug spät abends nach Hause komme, fahre ich bewusst langsam und leise, um meine Nachbarn nicht zu stören. (k.A.= 27)	0,717	2,88 (62,7%)	0,94
6	Ich achte beim Kauf von technischen Geräten auf die Kennzeichnung zur Geräuschemission und nutze diese Information für meine Kaufentscheidung. (k.A.= 22)	0,724	2,32 (44%)	0,93
7	Im Interesse des Gemeinwohls bin ich gerne bereit, mehr Geld für lärmarme Produkte auszugeben. (k.A.= 21)	0,723	2,31 (43,6%)	0,91
8	Ich achte bei Türen immer darauf, dass sie nicht laut krachend zufallen. (k.A.= 2)	0,726	3,22 (74%)	0,83
9	Wenn ich mit einer Popcorn-Tüte im Kino sitze, ist mir das Rascheln unangenehm. (k.A.= 21)	0,724	2,80 (60%)	1,01
10	Was würden Sie schätzen: wie viel Prozent der Wachtzeit ist Ihr Handy auf lautlos gestellt? (k.A.= 7)	0,747	2,87 (62,3%)	0,94
11	Wie oft hören Sie in Ihrer Wohnung laute Musik über Lautsprecher? (k.A.= 11)	0,720	2,84 (61,3%)	1,02
12	Wie oft werden Sie von Ihren Mitmenschen auf den von Ihnen verursachten Lärm hingewiesen? (k.A.= 8)	0,730	3,71 (90,3%)	0,61
13	Wie oft werden Sie im Alltag von Mitmenschen aufgefordert leiser zu sprechen? (k.A.= 5)	0,725	3,61 (87%)	0,68
14	In Bus oder Bahn bekommen Sie einen Anruf. Wie gehen Sie normalerweise vor? (k.A.= 22)	0,718	3,09 (69,7%)	0,80
15	Sie setzen sich mit Ihren Freunden in einen ruhigen Bahnwagen. Wie verhalten Sie sich? (k.A.= 27)	0,728	3,02 (67,3%)	0,66
16	Sie schlafen in einen Raum mit anderen Personen und müssen sehr früh aufstehen. Dafür stellen Sie einen Wecker. (k.A.= 31)	0,735	2,13 (37,7)	1,2
17	Sie sind mit einer Freundesgruppe an einem gut besuchten See, die Musikbox in Ihrer Mitte spielt laut Ihre gemeinsame Lieblingsmusik. (k.A.= 57)	0,739	3,09 (69,7%)	1,06
18	Im Supermarkt telefoniere ich... (k.A.= 42)	0,727	2,80 (60,0%)	0,78
19	Wie oft hören Sie laute Musik über Lautsprecher im Auto? (k.A.= 29)	0,719	2,64 (54,7%)	1,01
20	Wie oft beschleunigen sie bewusst stark außerorts? (k.A.= 36)	0,723	3,07 (69%)	0,86
21	Wie oft beschleunigen sie bewusst stark innerorts? (k.A.= 32)	0,733	3,4 (80%)	0,78
22	Bei Ihrem Auto ist der Auspuff kaputt. Wie lange fahren Sie damit umher? (k.A.= 50)	0,727	3,44 (81.3%)	0,73

Tabelle 19: Cronbach α Werte für jedes Item, wenn es exkludiert würde. Es sind alle Items zum Thema „Lärmverhalten“ aufgeführt.

Betrachtet man die Items in der Tabelle 19, die zu einer Erhöhung des Cronbach α führen, wenn diese exkludiert werden, sind einige Fragen auffällig. Dies betrifft insbesondere die Fragen zum Handy (Item 10), Hinweis von anderen auf den selbst verursachten Lärm (Item 12), die Frage zum Verhalten mit beim Wecker (Item 16) und die Nutzung einer Musikbox am See (Item 17). Es ist ersichtlich, dass Frage 12 einen sehr hohen Mittelwert mit geringer Standardabweichung aufweist und daher auch keine gute Differenzierung im individuellen

Lärmverhalten aufweist. Durch die Entfernung der erwähnten Items steigt das Cronbach α auf 0,76.

Bei weiterer Entfernung der Items, die für die interne Konsistenz nach Cronbach α nicht zuträglich sind, was hier vor allem die Fragen zur Fahrweise beinhalten (laute Musik im Auto (Item 19), Beschleunigung (Item 20 und 21)), steigt die interne Konsistenz weiter an. Abbildung 14 zeigt, dass die im Konstrukt „lärmbewusstes Verhalten“ enthaltenen Items ausschließlich positiv untereinander korrelieren und ein Cronbach α von 0,787 erzeugen. Die Korrelation der Lärmverhaltenswerte für die Befragten zwischen dem reduzierten Set an Items (siehe Abbildung 15) und allen verhaltensbezogenen Fragen aus Tabelle 19 beträgt $r=0,83^{***}$. Damit wird deutlich, dass durch die Eliminierung einzelner Items, die keine hohe Skalenreliabilität bezogen auf das entwickelte Konstrukt haben, zwar eine Veränderung des Gesamtwertes erfolgte, aber das Entfernen der Items nur geringfügige Auswirkungen auf den jeweils individuellen Gesamtwert der Befragten hatte (siehe Abbildung 15). Verglichen mit anderen etablierten Instrumenten, wie die Lärmempfindlichkeit (Cronbach α : 0,72) oder Sozialverträglichkeit (Cronbach α : 0,80), weist das Konstrukt eine sehr gute interne Reliabilität auf, dessen Retest-Reliabilität jedoch noch nicht überprüft wurde.

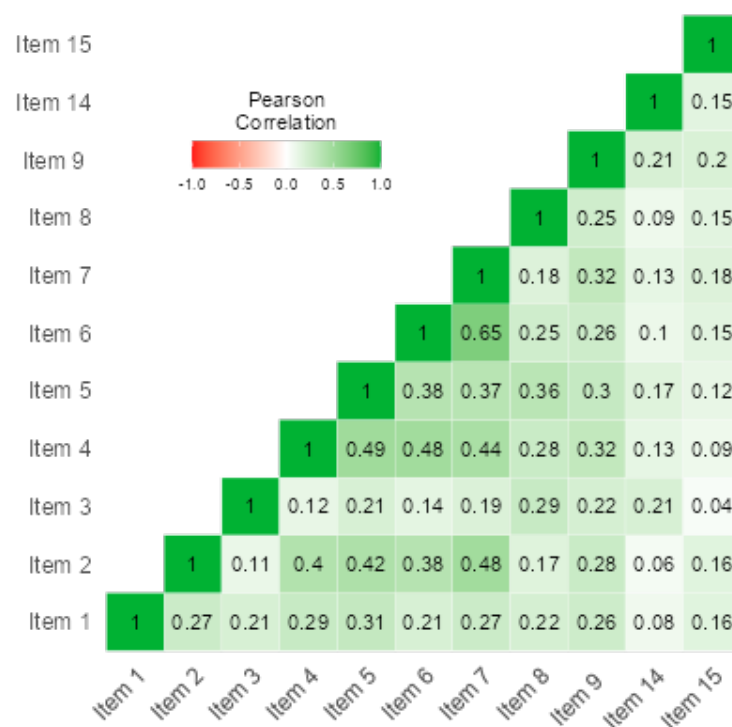


Abbildung 14: Korrelationsmatrix der ausgewählten Items zur Bestimmung des Konstrukts „Lärmbewusstes Verhalten“.

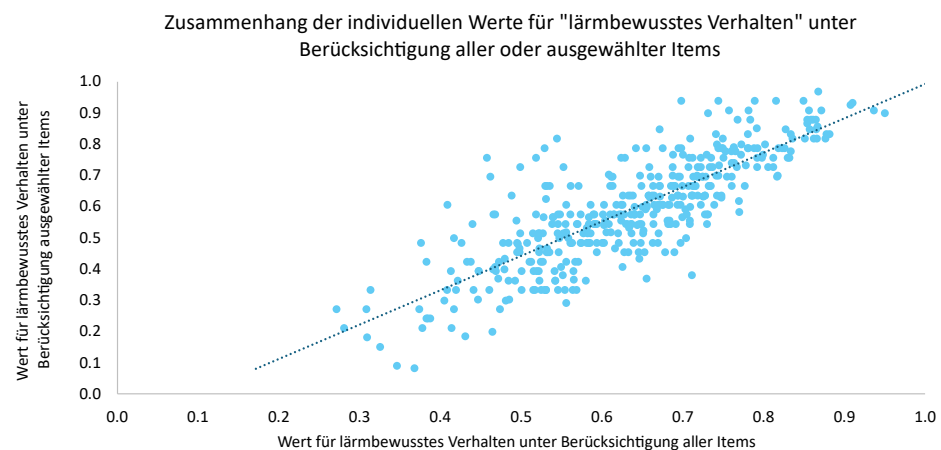


Abbildung 15: Zusammenhang der individuellen Werte zum „Lärbewussten Verhalten“ vor und nach der Eliminierung weniger geeigneter Items.

Die Struktur und die möglichen zugrundeliegenden Dimensionen des vollständigen Instruments zur Erhebung des „lärbewussten Verhaltens“ mittels der im Fragebogen genutzten Items (Item 1 bis 22 aus Tabelle 19) wurde mittels einer explorativen Faktoranalyse (EFA) näher untersucht. Sowohl der Bartlett-Test ($\chi^2 (171) = 1055, p < ,001$) als auch das Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy ($KMO = ,744$) weisen darauf hin, dass sich die Variablen für eine Faktoranalyse eignen. Es ergaben sich durch die EFA unter Anwendung der Parameterschätzung mittels Maximum-Likelihood-Schätzer und ohne Rotation 2 Faktoren mit Eigenwerten größer 1,0, welche 27,2% der Varianz erklären. Die Anpassungsgüte nach dem Tucker-Lewis Index (0.894) ist dabei als hoch einzuschätzen. Dabei luden alle Items mit gleichem Antwortschema (Item 1 bis 9), die auch im finalen Set an Items enthalten sind, mit mindestens 0,3 auf den ersten Faktor. Auf den 2. Faktor bezogen sich vor allem Items zum Kraftfahrzeug und das Beschleunigungsverhalten (Item 19 bis 21), was verdeutlicht, dass für ein allgemeines Erhebungsinstrument der Bezug zur Fahrweise zwar neue Information im Kontext lärbewusstem Verhalten erzeugt, jedoch potenziell nicht für alle Menschen relevant und beantwortbar ist.

Auch mit dem optimierten Set an Items zur Bestimmung des Konstrukts „lärbewusstes Verhalten“ wurde eine Strukturanalyse mittels EFA durchgeführt. Sowohl der Bartlett-Test ($\chi^2 (55) = 702, p < ,001$) als auch das Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy ($KMO = ,826$) weisen darauf hin, dass sich die Variablen für eine Faktoranalyse eignen. Die Analyse mit der Extraktion kleinster Residuen und Oblimin-Rotation ergab 2 Faktoren, die 32,6% der Varianz aufklären. Die Anpassungsgüte fiel sehr hoch aus (Tucker-Lewis Index: 0,918). Die Exploration von mehreren Faktoren zeigt, dass die verwendeten Items unterschiedliche Aspekte des „lärbewussten Verhaltens“ abdecken und somit nicht als redundant angesehen werden können.

3.3.11 Konstruktentwicklung und Zusammenhänge zwischen den Konstrukten

Konstruktentwicklung

Die 73 Items des Fragebogens wurden, basierend auf ihrer thematischen Ähnlichkeit, in verschiedene Cluster zusammengefasst. Die Cluster-Bildung erfolgte theoretisch, d.h. begründet durch konzeptuelle Überlegungen, ohne der Nutzung von datengetriebenen explorativen statistischen Verfahren, da die Struktur der Daten im Voraus bekannt war und

spezifische theoretische Annahmen mittels der Literaturrecherche vorlagen. Eine Identifizierung von Gruppierungen basierend auf statistischen Ähnlichkeiten der Beobachtungen wäre in diesem Fall nicht zielführend. Die Cluster wurden in einem weiteren Schritt in Hinblick auf ihre Eindeutigkeit, Diskriminierungsgüte und interne Konsistenz überprüft und bei vorhandener Eignung in sogenannte hypothetische "Konstrukte" überführt, insofern diese nicht bereits existierten, wie im Fall der Lärmempfindlichkeit (Zimmer & Ellermeier, 1998) oder Sozialverträglichkeit (Scherhorn et al. 1999). Konstrukte werden nachfolgend als abstrakte, nicht-direkt beobachtbare (latente) Variablen verstanden, die operationalisierbar sind und explikativ verwendet werden können, um unterschiedliche Verhaltensweisen von Individuen zu erklären. Eine grundsätzliche Voraussetzung für die Eignung als Konstrukt ist, dass es eine Ausprägung der messbaren Eigenschaft in gering bzw. hoch zulässt.

In Tabelle 20 werden alle thematischen Cluster mit ihren jeweils zugeordneten Items aufgelistet. Die sieben Cluster "Soziodemographie" (1), "Kraftfahrzeugdaten" (2), "Motorisierter Individualverkehr (MIV)-Nutzungshäufigkeit" (3), "Wohnsituation" (4), "Affekt im Motorisierten Individualverkehr (MIV)" (5), "Auswirkung fahrbezogener Einflussfaktoren auf Verkehrslärm" (6) und "Bekanntheit von Umwelt- und Energiekennzeichnungen" (7) sind für eine Konstruktbildung nicht geeignet, da sie weder die Einordnung der Ausprägung einer Eigenschaft ermöglichen noch aufgrund ihrer Spezifität (hier: Erhebung einer sehr konkreten Information) in ein Konstrukt eingebettet werden können. Im Fall des Clusters "Affekt im MIV", welches als angepasste Variante des Self-Assessment-Manikin (Bradley & Lang, 1994) die Empfindung beim Lenken eines Kraftfahrzeuges erhebt, handelt es sich zudem um Items, die aufgrund ihrer partiellen Orthogonalität (im Fall von Valenz und Aktivierung/Erregung) nicht als Gesamtkonstrukt sinnvoll interpretierbar sind, sondern einzeln betrachtet werden müssen. Die Items "Umsetzungsvorschläge lärmbewusste Fahrweise" und "Sonstige Kommentare" wurden nur der Vollständigkeit aufgeführt, da es sich hier um offene Freitextfelder handelte.

Cluster	Item ³¹	Quelle	Geeignet für Konstruktbildung?	Exkludierte Items (reduzierte Variante)	Cronbach α
Soziodemographie	1-8, 55-57*, 58, 59*, 60*	58: Belz et al. 2022	nein	-	
Kraftfahrzeugdaten	33-35		nein	-	
MIV-Nutzungshäufigkeit	25-27		nein	-	
Wohnsituation	53, 54*	53: Belz et al. 2022	nein	-	
Lärmempfindlichkeit	63	Zimmer und Ellermeier, 1998	ja	keine	0,724

³¹ Bei den Items, die mit einem Asterischen versehen sind, handelt es sich um eigens entwickelte Fragen. Item 44 wurde in der Tabelle nicht aufgelistet, da es sich hierbei um eine Frage handelt, die als Aufmerksamkeitscheckdiente und thematisch nicht relevant ist.

Sozialverträglichkeit	72	Scherhorn et al. 1999	ja	keine	0,806
Werteorientierung (BIO, ALT, EGO)	9*	Belz et al. 2022	ja	Sub-Items zu EGO	0,819
Lärmbelästigung ³²	61,62	Belz et al. 2022	ja	62	0,800
Zufriedenheit politischer Umweltziele	10	Ipsos, 2020	ja	keine	0,875
Lärmrelevanz	12*,14*,68*		ja	12, 14_01, 14_02	0,693
Maßnahmenakzeptanz	11,71	Fischer et al., 2013a, Schreckenberger et al., 2023	ja	keine	0,892
Problembewusstsein	64*		ja	keine	0,739
Einschätzung Lärmbeitrag von Quellen	13*,65*		ja	keine	0,785
Einschätzung Lärmbeitrag von Fahrweisen	36*,39*,40*		ja	keine	0,437
Mediale Sichtbarkeit	15*,16*		ja	keine	0,430
Lärmverhalten	43*,45-52*		ja	45, 46, 49, 50, 52	0,770
Fahrverhalten / Eco-Drive	37*,42*,44*	42: Hornung & Röthlisberger, 2003	ja	keine ³³	0,848
Fahrerlebnis im MIV	28,29*,31,32*		ja	keine	0,667
Affekt im MIV	29-31*		nein	-	
Verantwortungsübernahme	69,70	Moser et al., 2013b	ja	keine	0,873
Kaufverhalten	17,20,21,23*,24*,28*		ja	23, 28	0,795

³² Da die Lärmquellen "Wasserverkehr", "Sport-, Kultur- und Freizeitanlagen" und "Baustellen" nur eine untergeordnete Rolle spielen, werden diese bei dem ermittelten Summenscore für die nachfolgenden Analysen nicht weiter berücksichtigt.

³³ Betrachtet man nur die Items mit Lärmbezug (Abstellen des Motors bei Stillstand, Vermeidung von Hupen, Verzicht auf das Abspielen von Musik bei geöffneten Fenstern, Ich will beim Autofahren/Motorradfahren möglichst wenig Lärm verursachen, Ich verwende Eco-Drive um Lärm zu vermindern) reduziert sich die interne Konsistenz auf 0,686.

Auswirkung fahrbezogener Einflussfaktoren auf Verkehrslärm	66,67*		nein	-	
Bekanntheit von Umwelt- und Energiekennzeichnungen	18,19*		nein	-	
Umsetzungsvorschläge lärmbewusste Fahrweise (Freitexteingabe)	41		nein	-	
Sonstige Kommentare	73		nein	-	

Tabelle 20: Auflistung der im Fragebogen enthaltenen thematischen Cluster und der zugeordneten Items sowie Eignung der Cluster für die nachfolgende Konstruktbildung. Die Einschätzung der Eignung erfolgte aus methodischen Gründen und nicht auf Basis der internen Konsistenz auf Basis des Cronbach α . Jedoch fiel das Cronbach α bei vielen theoretischen Konstrukten relativ hoch aus.

Konstruktreliabilität

Maßgeblich für die Eignung als Konstrukt sowie für weitere vergleichende Analysen war die sogenannte *Konstruktreliabilität*, die durch Betrachtung der Korrelationsstärken und Korrelationsrichtungen der einzelnen Cluster-Items sowie durch die Berechnung des Cronbach α des jeweiligen Konstrukts ermittelt wurde. Wenn alle Cluster-Items positiv miteinander korrelierten und kein Item maßgeblich zur Verringerung des Cronbach α beigetragen hat, wurde das Cluster unverändert in ein Konstrukt überführt. Wenn hingegen einzelne Items negativ mit den weiteren Items korrelierten oder zur deutlichen Verringerung der internen Konsistenz (Cronbach α) beitrugen, wurden diese Items exkludiert, sodass das finale Konstrukt eine reduzierte Variante des ursprünglichen Clusters darstellte, siehe Tabelle 20.

Das Vorgehen wird nachfolgend exemplarisch für die Konstrukte „Maßnahmenakzeptanz“ und „Werteorientierung“ vorgestellt. Das Konstrukt „Maßnahmenakzeptanz“ ergab ein hohes Cronbach α von 0,892 und alle Items korrelierten miteinander positiv, sodass hier keine reduzierte Variante erzeugt wurde (siehe Tabelle 31 im Anhang C). Daher wurde ein Summenwert, der Antworten zu den Maßnahmen zur Minderung von Straßenverkehrslärm gebildet, um die grundsätzliche Haltung der Befragten zur Akzeptanz von Maßnahmen zur Straßenverkehrslärminderung in einem Einzahlwert zu überführen. Dieser Einzahlwert wurde dann auf den Wertebereich von 0 bis 1 transformiert.

Von den 16 Clustern, die als Konstrukt geeignet waren, wurde in fünf Fällen eine reduzierte Variante gebildet. Dies gilt für die Konstrukte „Werteorientierung“, „Lärmbelästigung“, „Lärmrelevanz“, „Kaufverhalten“ und „Lärmverhalten“. Beim Konstrukt „Werteorientierung“ wurden die Items mit dem Framing-Typ „egoistisch“ exkludiert, da diese untereinander negativ oder nur sehr schwach positiv korrelierten und die Inklusion einzelner Items dieses Framing-Typs sich ungünstig auf die interne Konsistenz des Konstrukts auswirkte (siehe Tabelle 32 im Anhang C). Bei der „Lärmbelästigung“ wurde das Item 62 ebenfalls exkludiert, da dieses nur eine detaillierte Aufschlüsselung des Unterpunkts Nachbarschaftslärm beinhaltet. Im Fall der „Lärmrelevanz“ wurden das Item 12 entfernt, da es sich hierbei um eine Ranking-Frage handelte, die schlecht interpretierbar ist, sowie die Sub-Items 14_01 und 14_02, da diese negativ mit anderen Items korrelierten. Auch beim „Kaufverhalten“

wurden die Items 23 und 28 exkludiert, da diese nur geringfügig mit anderen Items korrelierten und zu einer deutlichen Verringerung der internen Konsistenz führten. Für das „Lärmverhalten“ wurde ein iterativer Optimierungsprozess angewendet, der in der reduzierten Variante zu einer Exklusion der Items 45, 46, 49, 50, 52 führte. Die resultierenden Cronbachs α -Werte aller Konstrukte sind Tabelle 20 zu entnehmen.

Das Konstrukt Lärmverhalten in der näheren Analyse

Abbildung 16 zeigt, dass die ermittelten individuellen Werte des Konstrukts „Lärmbewusstes Verhalten“ näherungsweise normalverteilt sind (Shapiro Wilk-Test $p=0,5$). Der arithmetische Mittelwert beträgt 0,59 (Medianwert 0,576) bei einer Standardabweichung von 0,17. Es wurde nur ein Wert für das individuelle lärmbewusste Verhalten ermittelt, wenn wenigstens 7 von 11 Items beantwortet wurden. Nur 9 Befragte mussten daher ausgeschlossen werden. Damit lässt sich die Stichprobe anhand der gewählten Fragen in Personen, die sich mehr oder weniger lärmbewusst verhalten, unterteilen, wobei jedoch Fälle nahe den Extrema eher selten sind. Dies ist ähnlich bei den etablierten Konstrukten der Lärmempfindlichkeit und Sozialverträglichkeit zu beobachten (vgl. Abbildung 7).

Betrachtet man Subgruppen innerhalb des Datensatzes, lässt sich feststellen, dass die Altersgruppe der 18- bis 29-Jährigen leicht niedrigere individuelle Lärmverhaltens-Werte aufweist (MV: 0,55; SE: 0,16) als die Gruppe der 30-44-Jährigen (MW: 0,613, SE: 0,18) und die Gruppe der über 45-Jährigen (MW: 0,607, SE: 0,17). Basierend auf der Normalverteilung (Shapiro Wilk-Test $p=0,095$) und Varianzhomogenität der Daten (Levene's Test: $p=0,697$), wurden die Mittelwertsunterschiede mittels einer einfaktoriellen ANOVA (Fisher's) analysiert. Die Ergebnisse der ANOVA waren signifikant $F_{(2,374)} = 6,776$, $p=0,001$ und der Post-Hoc Test nach Tukey bestätigte, dass es einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen 18-29 Jahre und 30-44 Jahre ($p = 0,002$) und zwischen den Gruppen 18-29 Jahre und 45 Jahre und älter ($p = 0,011$) gab. Zwischen den beiden älteren Gruppen gab es keinen signifikanten Unterschied. Bei der Betrachtung des Geschlechts hingegen zeigte sich kein systematischer Unterschied in den Werten des lärmbewussten Verhaltens (MW_{männlich}: 0.593, MW_{weiblich}: 0.585).

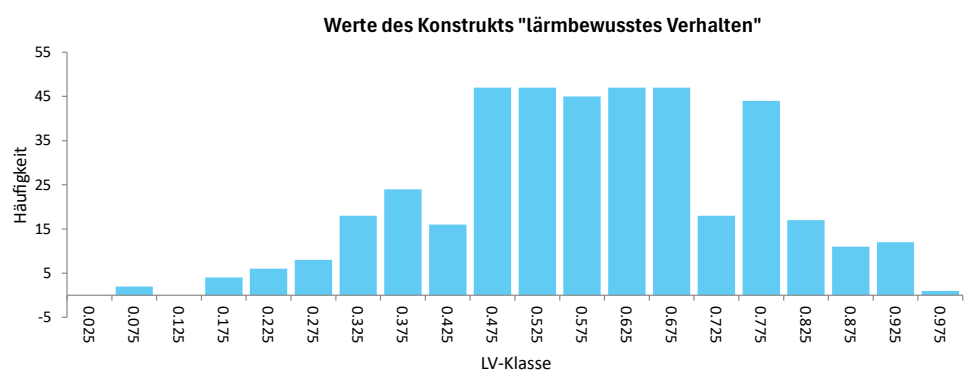


Abbildung 16: Verteilung der individuellen Werte des Konstrukts „Lärmbewusstes Verhalten“ über die gesamte Stichprobe (n=414). Ein Wert von 0 bedeutet „gar nicht lärmbewusst verhaltend“ und ein Wert von 1 „äußerst lärmbewusst verhaltend“.

Abbildung 17 illustriert die Unterschiede der Werte für lärmbewusstes Verhalten in Abhängigkeit der Wohnortgröße. Es ist ersichtlich, dass mit zunehmender Wohnortgröße die Befragten angeben, sich lärmbewusster zu verhalten (vgl. Landgemeinde: MV: 0,551, SE: 0,165 und Großstadt: MV: 0,647, SE: 0,179). Die Daten sind nicht-normalverteilt, weisen

jedoch eine Varianzhomogenität auf, so ergab die statistische Analyse mittels einfaktorieller ANOVA (Welch's) ebenfalls ein signifikantes Ergebnis ($F_{(4,171)} = 4,110$, $p=0,003$). Die Ergebnisse des Tukey Test zeigten jedoch, dass nur die Unterschiede zwischen Landgemeinde (1) und Großstadt (5) signifikant waren (mittlere Differenz = $-0,096$, $p < 0,001$).

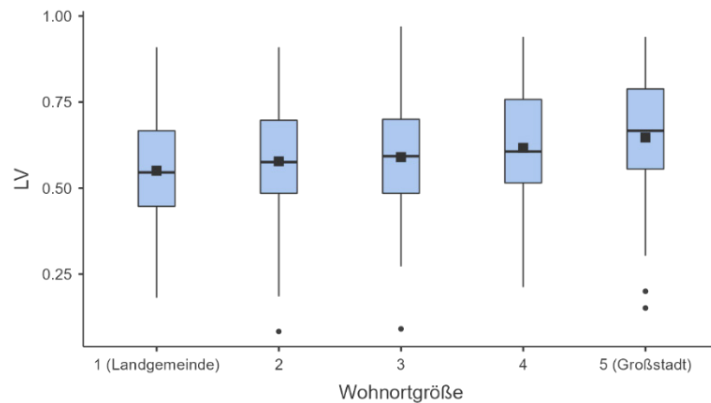


Abbildung 17: Zusammenhang zwischen der angegebenen Wohnortgröße und des Wertes „lärmbewusstes Verhalten“ mittels der Darstellung als Boxplot.

Bei Betrachtung des Bildungsgrades und „lärmbewusstes Verhalten“ zeigten sich ebenfalls Unterschiede. In den größten Gruppen zum Bildungsgrad (Abgeschlossene Lehre ($n=116$), Abitur, Hochschulreife ($n=84$), Fachhochschul-, Hochschulabschluss ($n=153$)) waren statistisch signifikante Unterschiede zu beobachten ($F_{(2,207)}=7,86$, $p<0,001$). So hatten Personen, die angaben, einen Fachhochschul- oder Hochschulabschluss zu besitzen, signifikant höhere Werte (MW: 0,626) als die Gruppe mit dem Abschluss „Abitur und Hochschulreife“ (MW: 0,541). Der Unterschied zu Personen mit „Abgeschlossener Lehre“ fiel geringer aus und war nicht statistisch signifikant (MW: 0,58). Auch bei der Akzeptanz von Maßnahmen zeigte sich ein Zusammenhang zwischen den Werten des individuellen lärmbewussten Verhaltens und der Zustimmung zu spezifischen Maßnahmen zur Minderung von Straßenverkehrslärm. Abbildung 18 zeigt, dass mit dem Zustimmungsgrad lautes Fahrverhalten beispielsweise mit einem Lärmbliker zu ahnden, auch gleichzeitig im Mittel ein höherer Wert des Konstrukts „lärmbewusstes Verhalten“ vorlag ($F_{(3,175)} = 47$, $p<0,001$). D.h. Personen, die sich rücksichtsvoller und lärmbewusster verhalten, befürworten auch stärker Maßnahmen zur Minderung von Straßenverkehrslärm.

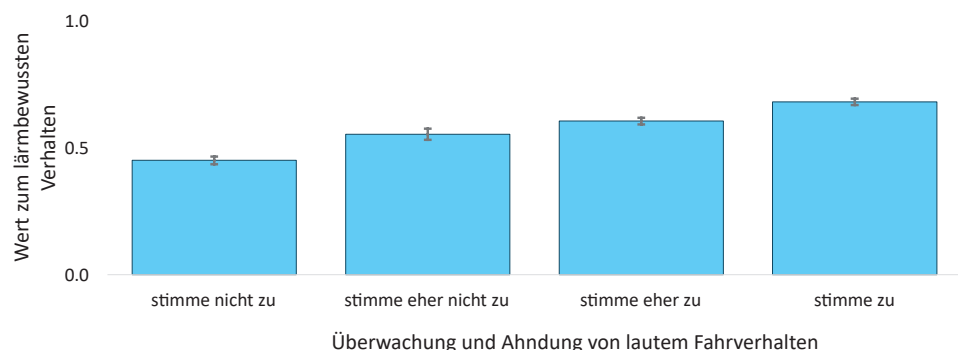


Abbildung 18: Lärmbewusstes Verhalten (arithm. Mittelwerte und Standardfehler) über dem Grad der Zustimmung einer Maßnahme zur Minderung von Straßenverkehrslärm (Überwachung und Ahndung von lautem Fahrverhalten (z.B. Lärmbliker)).

Im Hinblick auf das Geschlecht, Land und die Hellhörigkeit des Wohnortes ergaben sich keine signifikanten Unterschiede in den Werten für lärmbewusstes Verhalten. Allerdings war ein Trend in Bezug auf die Hellhörigkeit und das Land erkennbar, bei dem die Lärmverhaltenswerte mit zunehmender Hellhörigkeit anstiegen und tendenziell in Deutschland höher ausfielen als in Schweiz und Österreich.

Zusammenhänge zwischen den Konstrukten

Für die Betrachtung der Zusammenhänge zwischen Konstrukten, wurden Konstrukte gewählt, die ein akzeptables bis hohes Cronbach α aufweisen. Die Schwelle für eine akzeptable interne Konsistenz wird per Konvention bei $>0,7$ gesetzt, vgl. z.B. Cortina (1993) und Taber (2018). Somit wurden insgesamt zwölf Konstrukte für die weitere Analyse herangezogen, die wie folgt abgekürzt werden: "Lärmempfindlichkeit" (LEF), "Sozialverträglichkeit" (SOZ), "Werteorientierung" (WER), "Lärmbelästigung" (LBHQ), "Maßnahmenakzeptanz" (MAZ), "Zufriedenheit mit umweltpolitischen Zielen (UMW), "Problembewusstsein" (PWR), "Einschätzung Lärmbeitrag von Geräuschquellen" (PWE), "Fahrverhalten / Eco-Drive" (FV), "Verantwortungsübernahme" (VER), "Kaufverhalten" (KV) und "Lärmverhalten" (LV).³⁴ In Abbildung 19 werden die korrelativen Zusammenhänge der aufgelisteten Konstrukte veranschaulicht. Für die Berechnung wurden Datensätze mit fehlenden Werten einbezogen, d.h. wurden einige Items nicht beantwortet, wurde aus den restlichen Items der entsprechende Mittelwert des Konstrukts ermittelt. Die Interpretation der Korrelationsstärke erfolgt nach der Konvention: $r = 0,5 < 0,7$: starke Korrelation, $r = 0,3 < 0,5$: mittlere Korrelation und $r = 0,1 < 0,3$: geringe Korrelation, vgl. z.B. Kuckartz (2013, S. 213).

³⁴ Im Falle des Konstrukts "Lärmbelästigung" wird der Score der Hauptquellen betrachtet und für "Fahrverhalten / Eco-Drive" wird das allgemeine Konstrukt gewählt, da dieses eine höhere interne Konsistenz aufweist.

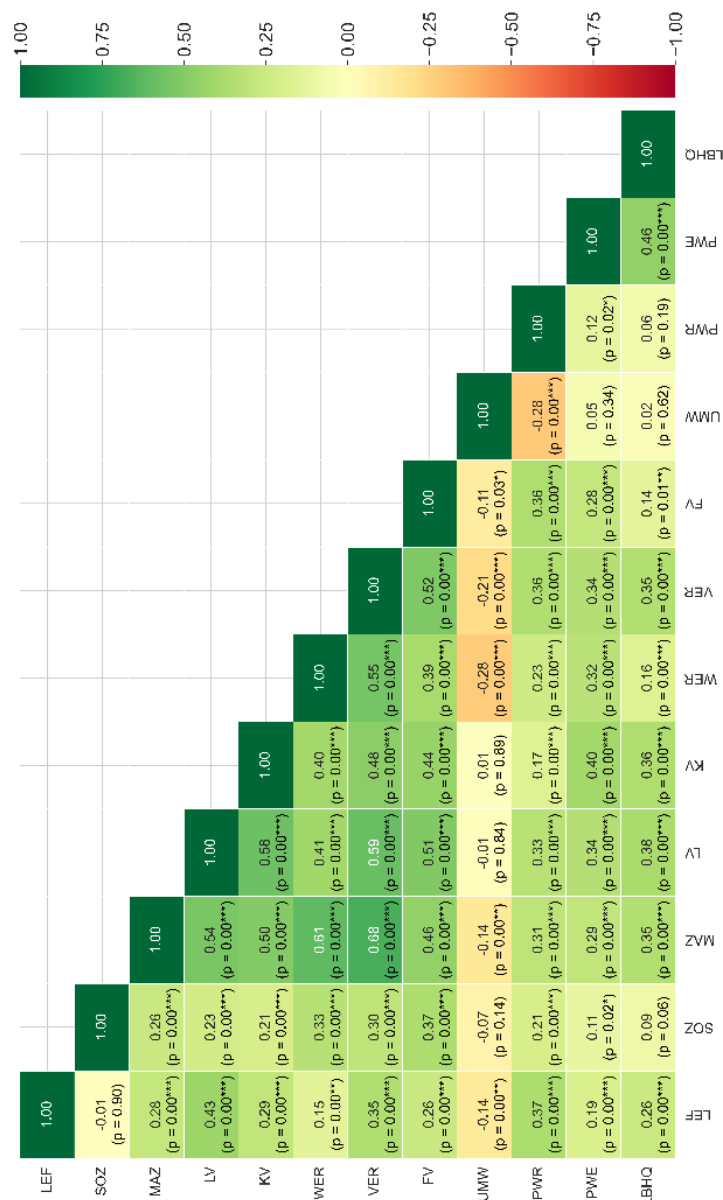


Abbildung 19: Heatmap der korrelativen Zusammenhänge zwischen den Konstrukten mit entsprechender Farbskala (positive Korrelationen: grün; negative Korrelationen: rot). Anmerkung: *p<,05, **p<,01, *p<,0,001.³⁵**

Die stärksten positiven, höchstsignifikanten Korrelationen ergeben sich einerseits für die Konstrukte Maßnahmenakzeptanz und Verantwortungsübernahme (*Pearson's r*: 0,68***) und andererseits für Maßnahmenakzeptanz und Werteorientierung (*Pearson's r*: 0,61***) sowie für Verantwortungsübernahme und Werteorientierung (*Pearson's r*: 0,55***)).

³⁵ Die Korrelationsmatrix ausgewählter Konstrukte weist Ähnlichkeiten zu den Ergebnissen in Moshona et al. (2024) auf, wobei jedoch punktuelle Unterschiede zu konstatieren sind. Die Korrelationsmatrix in Moshona et al. (2024) basierte auf vorläufigen Ergebnissen der statistischen Analyse, in der die einzelnen Konstrukte hinsichtlich interner Konsistenz noch nicht optimiert wurden. Durch das gezielte Eliminieren einzelner kritischer Items konnte die generelle Aussagekraft der Korrelationen zwischen den Konstrukten erhöht werden. Die grundsätzlich beobachteten Zusammenhänge sind jedoch gleich.

Dementsprechend befürworten Personen, die eine hohe Verantwortungsübernahme angeben und einer biosphärisch/altruistisch geprägten Werteorientierung zustimmen auch eher Maßnahmen zur Verringerung von Straßenverkehrslärm. Die angegebene Verantwortungsübernahme hängt wiederum mit der eigenen Werteorientierung zusammen.

Die stärksten negativen, höchstsignifikanten Korrelationen bestehen zwischen dem Konstrukt "Zufriedenheit mit umweltpolitischen Zielen" und "Werteorientierung" einerseits sowie "Problembewusstsein" andererseits (jeweils *Pearson's r*: -0,28***). Personen, die zustimmen, dass Lärm erhebliche Risiken für Menschen und andere Lebewesen birgt, d.h. ein erhöhtes Problembewusstsein haben und zudem einem biosphärisch/altruistischem Werte-Framing zustimmen, sind gleichzeitig weniger zufrieden mit der Umsetzung und ggf. der Erreichung umweltpolitischer Ziele.

Die Antworten zum eigenen Lärmverhalten korrelieren höchstsignifikant mit jedem anderen Konstrukt, bis auf die Zufriedenheit mit der Umsetzung von umweltpolitischen Zielen. Insbesondere zwischen Lärmverhalten und Verantwortungsübernahme zeigt sich erwartungsgemäß ein starker Zusammenhang (*Pearson's r*: 0,59***), gefolgt von der Maßnahmenakzeptanz (*Pearson's r*: 0,54***). Dementsprechend sind Personen, die angeben sich eher lärmbewusst zu verhalten, auch eher gewillt, Maßnahmen zur Verringerung von Lärm zu akzeptieren und Verantwortung für die Produktion und Reduzierung von Lärm zu übernehmen. Auch Angaben zum Kaufverhalten und zum Fahrverhalten korrelieren stark mit dem Lärmverhalten (*Pearson's r*: 0,58*** und *Pearson's r*: 0,51***).

Zwischen Lärmverhalten und Lärmempfindlichkeit (*Pearson's r*: 0,43***), Werteorientierung (*Pearson's r*: 0,41***), Lärmbelastung (*Pearson's r*: 0,38***) und Problembewusstsein (*Pearson's r*: 0,33***) ergeben sich mittlere Korrelationen. Personen, die gemäß LEF-K eher als lärmempfindlich zu klassifizieren sind, altruistisch-biosphärische Wertevorstellungen teilen, sich von den betrachteten Lärmhauptquellen belastigt fühlen und die Risiken von Lärm auf Menschen und anderen Lebewesen als eher hoch einschätzen, zeigen ein lärmbewussteres Antwortverhalten. Die Sozialverträglichkeit korreliert hingegen nur gering mit dem Konstrukt 'Lärmbewussten Verhalten' (*Pearson's r*: 0,23***).

Da das Fahrverhalten von besonderem Interesse für das Projekt ist, wurde dieses mittels Strukturgleichungsmodellierung (SEM) gesondert betrachtet. Die Analyse stützte sich auf den kompletten Datensatz von 423 Befragten und wurde mit Lavaan (Rosseel, 2012) unter Verwendung des Robust Maximum Likelihood -Schätzers (MLM) für kontinuierliche, partiell nicht-normalverteilte Daten durchgeführt. Fehlende Werte wurden listenweise entfernt, sodass sich der Datensatz auf n=386 reduzierte.

Dep.	Pred.	Est.	SE	Lower 95% CI	Upper 95% CI	β	z	p
FV	MAZ	0,053	0,024	0,007	0,099	0,127	2,271	0,023
FV	LV	0,154	0,029	0,097	0,212	0,255	5,250	<,001
FV	VER	0,094	0,027	0,041	0,148	0,199	3,463	<,001
FV	SOZ	0,123	0,026	0,072	0,174	0,194	4,759	<,001
FV	PWR	0,090	0,030	0,031	0,149	0,133	2,981	0,003
MAZ	VER	0,427	0,049	0,330	0,524	0,376	8,658	<,001
MAZ	WER	0,341	0,037	0,269	0,414	0,353	9,190	<,001
MAZ	LV	0,252	0,064	0,127	0,376	0,175	3,962	<,001

Tabelle 21: Schätzparameter des Messmodells.

Nach einem iterativen Optimierungsprozess ergab sich das in Abbildung 20 illustrierte Messmodell mit einer ausgezeichneten Anpassungsgüte ($\chi^2=533.204$; $df=11$; $p < 0,001$; $SRMR=0,005$; $CFI=1,00$, $RMSEA=0,000$). Die Schätzparameter für das Messmodell sind in Tabelle 21 aufgelistet. Es zeigt erwartungsgemäß, dass das Konstrukt „lärmbewusstes Verhalten“ durch verschiedene Variablen beeinflusst wird und wiederum den stärksten Einfluss auf das Fahrverhalten besitzt. Damit kommt der Ausprägung des „lärmbewussten Verhaltens“ eine besondere Bedeutung bezüglich der Umsetzung ökologischerer Fahrweisen zur Minderung von Straßenverkehrslärm zu.

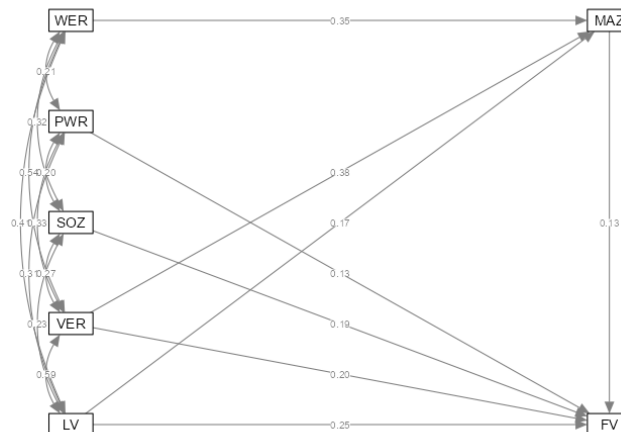


Abbildung 20: Geschätztes Messmodell für die SEM-Analyse. Koeffizienten des Pfaddiagramms sind standardisiert.

3.4 Schlussfolgerungen der Online-Befragung

Die umfangreiche Online-Befragung mit über 400 teilnehmenden Personen lieferte zahlreiche Beobachtungen, die Rückschlüsse auf lärmbewusste Verhaltensweisen und deren Einflussfaktoren erlauben. Dabei war zu beobachten, dass viele aus der Literatur bekannten Zusammenhänge ebenfalls mit den Daten aus der Befragung ermittelt wurden (z.B. Lärm-belästigung durch wesentliche Lärmquellen, Zusammenhang zwischen Lärm-belästigung und Lärmempfindlichkeit, Zusammenhang zwischen Lärm-belästigung und Zugang zu Grün-flächen, etc.), was auf eine gute Aussagekraft und Validität der Daten hindeutet.

Wesentliche Beobachtungen aus der Online-Befragung sind dabei:

- Betroffene von Straßenverkehrslärm stimmen Maßnahmen zur Minderung von Straßenverkehrslärm verstärkt zu.
- Personen mit höherer individueller Lärmempfindlichkeit fühlen sich durch Ver-kehrslärm stärker belästigt.
- Im Kontext von Nachbarschaftslärm werden wenig lärmbewusste Geräusche der Nachbarn, wie „Gespräche, Stimmen und Geschrei“, „Schritte“, „Türknallen“, als am lästigsten bewertet.
- Trotz der Zustimmung von altruistisch und biosphärisch aufgeladenen Umweltaus-sagen, die ein stärker ausgeprägtes Umweltbewusstsein nahelegen, zeigte sich vielfach egoistische Werteorientierungen. Hierbei wurde deutlich, dass Umweltschutz häufig nur bei persönlichem Nutzen, d.h. bei Vermeidung von Nachteilen bzw. bei Schaffung von Anreizen konsequent gelebt wird.

- Obwohl die Mehrheit der Befragten angab, Lärm als gesundheitsgefährdend einzuschätzen und als Beeinträchtigung der Lebensqualität von Menschen und anderen Lebewesen einordneten, war der Grad der Zustimmung bei der persönlichen Verantwortungsübernahme zur Vermeidung von Straßenverkehrslärm wenig ausgeprägt.
- Die sehr hohe Anzahl an „trifft nicht zu“ Antworten auf die Frage nach der Verwendung von „Eco-Drive“ sowie den Motiven für die Anwendung einer ökologischen Fahrweise deutet auf eine fehlende Kenntnis dieses Begriffs für eine Mehrheit der Befragten hin, obwohl "Eco-Drive" zum Sparen von Kraftstoff durchaus regelmäßig angewendet wird.
- Von den Befragten, die regelmäßig Eco-Drive nutzen, bekam die Verminderung von Lärm die geringste Zustimmung.
- Nutzende ökologischer Fahrweise (Eco-Drive) wenden diese weniger zur Lärmminde- rung an, sondern vornehmlich, um Kraftstoff zu sparen und die Umwelt zu schon- en.
- Den höchsten Zustimmungswert bei den angesetzten Maßnahmen zur Minderung von Straßenverkehrslärm erzielte der Vorschlag von Geschwindigkeitsbeschrän- kungen zur Entlastung von Wohngebieten, der höchste relative Anteil an Antwor- ten mit maximaler Zustimmung wurde bei der Maßnahme des Einsatzes von Lärm- blitzern zur Überwachung und Ahndung von lautem Fahrverhalten beobachtet. Die geringste Zustimmung erfuhr die Maßnahme von Fahrverboten in Wohngebieten tagsüber.
- MIV-Vielfahrende stimmen weniger Maßnahmen zur Minderung von Straßenver- kehrslärm zu und nutzen seltener umweltfreundlichere Verkehrsmittel, wie ÖPNV, Fahrrad.
- Befragte aus der jüngsten Altersklasse (18-29 Jahre) erreichten im Mittel statistisch signifikant geringere Werte für „lärmbewusstes Verhalten“.
- Befragte mit höchstem Bildungsgrad erreichten im Mittel statistisch signifikant hö- here Werte für „lärmbewusstes Verhalten“.
- Bei Vorschlägen und Ideen für eine lärmbewusste Fahrweise zur Lärmminde- rung, schlugen viele Befragte Maßnahmen vor, die der sozio-ökonomischen sowie recht- lich-politisch-administrative Ebene zuzuordnen waren. Hierbei wurden Maßnah- men, wie Strafen für Lärmsünder mit der Forderung nach mehr Kontrollen, die Re- duzierung von Höchstgeschwindigkeiten, ein Verbot lauter Komponenten, die Ver- schärfung von Zulassungsanforderungen sowie Lärmbli- tzer genannt. Auch die For- derung nach einer verpflichtenden „Schulung in Fahrschulen“ wurde wiederholt genannt.
- Auf Basis ausgewählter Items ließ sich das Konstrukt „lärmbewusstes Verhalten“ operationalisieren mit einer akzeptablen internen Konsistenz. Die individuellen Werte des Konstrukts fallen normalverteilt aus.
- Die Werte des individuellen lärmbewussten Verhaltens erwartungsgemäß mit an- deren Konstrukten, wie der Verantwortungsübernahme, der Akzeptanz von Maß- nahmen zur Minderung von Straßenverkehrslärm, dem Kaufverhalten sowie dem individuellen Fahrverhalten.

Die Befragung zeigte, dass das Konstrukt „lärmbewusstes Verhalten“ operationalisierbar ist und mittels ausgewählter Fragen eine mehr oder weniger normalverteilte Ausprägung die- ser Eigenschaft zu beobachten war. Ferner scheint dieses Konstrukt mit diversen anderen Faktoren zusammenzuhängen, wie Verantwortungsübernahme, Problembewusstsein, Wer- teorientierung oder Kaufverhalten, wodurch die Bedeutung des Konstrukts verdeutlicht wird.

4 Realversuche und akustische Bewertungen

Im vorliegenden Forschungsvorhaben wurde eine Reihe von experimentellen Untersuchungen durchgeführt, die weitere Erkenntnisse zur Beantwortung der in Kapitel 1 formulierten Forschungsfragen zum Lärmverhalten und Lärmbewusstsein im Straßenverkehr liefern. Diese Untersuchungen umfassen:

- einen Realversuch im Fließverkehr zum Nachweis eines möglichen Einflusses von Hinweisgebern auf die aktive Selbstregulierung von Kraftfahrzeugfahrenden hinsichtlich lärm mindernden Verhaltens;
- kontrollierte Vorbeifahrtsmessungen in Anlehnung an Aspekte der DIN EN ISO 11819-1 zur Quantifizierung des Lärminderungspotentials ausgewählter Verhaltens- und Fahrweisen als akustische Maßnahmenbewertung;
- sowie einen Hörversuch zur Untersuchung der psychoakustischen Lästigkeit von unterschiedlichen Fahrweisen im Straßenverkehr.

4.1 Fahrversuch im Fließverkehr

Mehrere in der Literaturstudie identifizierte Studien (Calvo et al. 2012; Hammer et al. 2016) konnten für PKW bei sportlicher Fahrweise messtechnisch höhere Schallemissionen als bei umsichtiger Fahrweise feststellen. Während eine detaillierte Gegenüberstellung der Messergebnisse aus diesen Studien mit den Ergebnissen der akustischen Vorbeifahrtsmessungen aus der hier vorliegenden Studie in Abschnitt 4.2 behandelt wird, befasst sich dieser Abschnitt mit dem durchgeführten Fahrversuch. Ziel des Fahrversuches war die Untersuchung einer möglichen Stärkung von lärm bewusstem Fahrverhalten mit PKW im Straßenverkehr durch Hinweisgeber. Im Kontext dieses Projektes sollte der Fokus auf der Untersuchung eines potenziellen Einflusses von Hinweisgebern in einer möglichst repräsentativen und realitätsnahen Fahrsituation liegen. Deshalb wurde ein Fahrversuch im Fließverkehr durchgeführt. Teile des hier beschriebenen Versuchskonzeptes sowie vorläufige Ergebnisse des Fahrversuches wurden in Czuka et al. (2024) publiziert.

4.1.1 Versuchskonzept und -durchführung

Für den Fahrversuch wurde ein Konzept sowie eine technische Realisierung mit einem hohen Grad an explorativen Elementen entwickelt. Im Versuch sollten Personen sequenziell je einen PKW entlang einer fest vorgegebenen Route lenken. Die Versuchspersonen, die der Interventionsgruppe zugeteilt wurden, erhielten ein kontinuierliches visuelles Feedback innerhalb des Fahrzeugs und wurden zudem an einem Streckenabschnitt mit externen statischen Hinweisgebern konfrontiert. Das dafür verwendete Versuchsssetup und die beiden realisierten Hinweisgeberarten sind in Abbildung 21 schematisch dargestellt. Personen aus der Kontrollgruppe bekamen die Hinweisgeber nicht zur Verfügung gestellt, jedoch wurden bei Versuchspersonen beider Gruppen während der gesamten Fahrt Fahrparameter (Position, Geschwindigkeit, Motordrehzahl bei PKW mit Verbrennungsmotor) mit Hilfe eines Messsystems, welches sich im PKW befand, aufgezeichnet. Die Fahrparameter dienten der anschließenden statistischen Analyse.

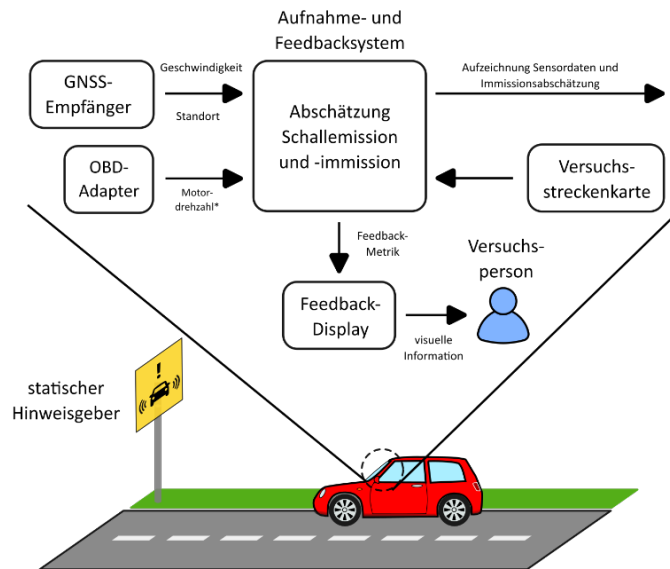


Abbildung 21: Schematische Darstellung des Fahrversuchssetups im Fließverkehr. *Für PKW mit eingebautem Verbrennungsmotor. Quelle: eigene Darstellung (AIT).

Für den Fahrversuch wurden ein fahrzeuginterner Hinweisgeber in Form eines Feedback-Displays sowie ein statischer externer Hinweisgeber als Informationsschild am Straßenrand realisiert. Beide dieser für den Fahrversuch vorgesehenen Hinweisgeberarten sind schematisch in Abbildung 23 und Abbildung 24 dargestellt. Jede Versuchsperson, die der Interventionsgruppe zugeordnet wurde und am Fahrversuch teilnahm, bekam die Hinweisgeber innerhalb des PKW installiert (visuelles Feedback innerhalb des Versuchsfahrzeuges) bzw. an ausgewählten Orten der Fahrtroute am Straßenrand zu sehen (statischer externer Hinweisgeber).

Die für den Fahrversuch ausgewählte Route umfasst eine Strecke von ca. 16,2 km Länge im öffentlichen Straßenverkehr, enthält städtische Seiten- und Hauptstraßen, sowie einen Autobahnstreckenabschnitt. Jede Versuchsperson fuhr die Route sequenziell mit den Versuchsfahrzeugen ab, wobei in allen PKW das in Abbildung 23 dargestellte Aufnahme- und Feedbacksystem zur Datenaufzeichnung installiert wurde. Somit konnte während der Fahrt über einen Empfänger für globale Navigationssatellitensysteme (GNSS) Fahrzeuggeschwindigkeit und Position, sowie im Falle vom PKW mit Verbrennungsmotor über einen On-Board-Diagnose (OBD) Adapter die aktuelle Motodrehzahl aufgezeichnet werden. Die ausgewählte Fahrversuchsrouten ist in Abbildung 22 rechts dargestellt. Pilottestfahrten für den Fahrversuch ergaben je nach Verkehrslage eine durchschnittliche Befahrungsdauer von 25 bis 30 Minuten pro Fahrzeug.

Zudem fand bei Versuchsfahrten mit Personen der Interventionsgruppe für das fahrzeuginterne Feedback-Display eine Verarbeitung dieser Fahrzeugdaten statt. Mittels eines für den Fahrversuch entwickelten Modells wurde eine Feedback-Metrik ermittelt, die Versuchspersonen aus der Interventionsgruppe in Form eines farb- und höhenveränderlichen Balkens über das Feedback-Display präsentiert wurde. Die Feedbackgröße sollte den Versuchspersonen auf Basis des aktuellen Fahrverhaltens auf einfache Weise Information über die aktuelle Schallemission und -immission in Relation zum Umfeld geben, in dem sich der PKW gerade bewegt. Da sowohl für Versuchspersonen aus der Interventionsgruppe als auch für Teilnehmende aus der Kontrollgruppe während der gesamten Fahrt kontinuierlich Fahrzeugdaten aufgezeichnet wurden, ließen sich die Fahrparameter aus beiden Gruppen nachträglich vergleichen, um so den potenziellen Einfluss der Hinweisgeber auf eine lärmmindernde Fahrweise für das vorliegende Versuchssetup zu untersuchen.



Abbildung 22: Für den Fahrversuch eingesetzter PKW mit Verbrennungsmotor und manueller Gangschaltung (BMW X3 - links oben) sowie eingesetzter Elektro-PKW (Cupra Born - links unten); ausgewählte Route für den Fahrversuch (rechts). Quelle Kartenmaterial: © OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA 2.0.

Es konnten insgesamt 35 Personen, für die Kontroll- und die Interventionsgruppe des Fahrversuchs rekrutiert werden, wobei jede Versuchsperson die Teststrecke jeweils mit unterschiedlichen PKW befuhr. Während der Fahrversuche erfolgte eine kontinuierliche Aufzeichnung der Datenströme des GPS-Empfängers (GPS-Position, Geschwindigkeit) und des OBD-Adapters (Motordrehzahl im Fall von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor), wie in Abbildung 21 schematisch dargestellt. Diese Daten bildeten die Grundlage für die anschließenden statistischen Analysen des Experiments zwischen Interventionsgruppe (Hinweisgeber vorhanden) und Kontrollgruppe (kein Hinweisgeber vorhanden). Insgesamt 15 der 35 Versuchspersonen waren weiblich, und 19 Versuchspersonen waren der Interventionsgruppe zugeteilt. Das Medianalter der Versuchsgruppe betrug 41 Jahre.

Bei den PKW konnte das AIT auf einen institutsinternen Fahrzeugpool zurückgreifen, der unter anderem gängige Fahrzeuge der Mittel- und Oberklasse mit Verbrennungsmotor sowie Hybrid- und Elektrofahrzeuge enthält. In Abstimmung mit dem Auftraggeber wurde für den Hauptversuch ein PKW mit Verbrennungsmotor und manueller Gangschaltung (V-PKW) und ein Elektro-PKW (E-PKW) als Versuchsfahrzeuge ausgewählt. Mit zwei Versuchs-PKW konnte die Gesamtdauer des Fahrversuchs für jede Person unter 90 Minuten gehalten werden, um eine sukzessive Ermüdung der Versuchspersonen zu vermeiden. Der ausgewählte PKW mit Verbrennungsmotor (BMW X3) und der ausgewählte E-PKW (Cupra Born) sind in Abbildung 22 dargestellt.

Der eigentliche Untersuchungsgegenstand wurde für die Versuchspersonen verschleiert. Der Versuch wurde dabei oberflächlich so gestaltet, dass er mit der Untersuchung von Fahrtkomfortaspekten in Verbindung gebracht werden konnte, und wurde auch im Vorfeld so beworben. Lediglich während der Einleitung fand eine Beschreibung wesentlicher Steuerelemente des PKW statt, bei der für die Interventionsgruppe auch das Feedback-Display kurz beschrieben wurde. Der Versuchsleiter war während aller Versuchsfahrten in den PKW anwesend, um für den Fahrversuch relevante Ereignisse zu notieren und die ordnungsgemäße Funktionalität des Aufnahme- und Feedbacksystems sicherzustellen. Zudem stand die Versuchsleitung zur Beantwortung möglicher Fragen der Versuchspersonen in den PKW zur Verfügung.

4.1.2 Technische Realisierung

Zur Realisierung des im vorigen Abschnitt beschriebenen Grundkonzepts des Fahrversuchs im Fließverkehr wurden im Zuge des Forschungsvorhabens beide Hinweisgeber entworfen und technisch implementiert.

Visuelles Feedback innerhalb der Versuchsfahrzeuge

Für die Bereitstellung eines visuellen Feedbacks innerhalb der Versuchsfahrzeuge über das eigene Lärmverhalten wurde ein am AIT vorhandenes mobiles System zur Verarbeitung von Fahrzeugparametern adaptiert und um ein visuelles Feedbacksystem erweitert. Die wesentlichen Komponenten dieses erweiterten Aufnahme- und Feedbacksystems sind in Abbildung 21 dargestellt.

Der eingesetzte GNSS-Empfänger verfügt über eine Datenaktualisierungsrate von bis zu 5 Hz. Im Zuge von durchgeführten Pilottestfahrten hat sich eine GNSS-Datenaktualisierungsrate von unter 5 Hz als zu niedrig erwiesen, um den Versuchspersonen ein Feedback zur Verfügung zu stellen, welches sich mit geringer Verzögerung dem Fahrverhalten anpasst, wie es z.B. bei einer Beschleunigung an einer Ampelkreuzung notwendig ist. Zur Sicherstellung eines möglichst flächendeckenden Empfanges über die gesamte Fahrroute kam eine externe Antenne zum Einsatz, die magnetisch am Fahrzeugdach befestigt wurde. Der GNSS-Empfänger war über eine USB-Schnittstelle mit einem handelsüblichen Notebook verbunden, und lieferte über eine Softwareschnittstelle in der Programmiersprache Python einen GPS-Datenstrom.

Auf dem gleichen Weg, jedoch drahtlos über eine Bluetooth-Verbindung, sendete beim Versuchs-PKW mit Verbrennungsmotor ein OBD-Adapter gemäß ISO 9141-2 OBD-Daten zum Notebook. Die mit den Versuchsfahrzeugen erzielte OBD-Datenaktualisierungsrate von ca. 4 Hz liegt in einer vergleichbaren Größenordnung mit jener des GNSS-Empfängers und hat sich bei Pilottestfahrten für das Versuchskonzept als zweckmäßig erwiesen. Beim OBD-Adapter wurde bewusst ein Gerät mit kompakter Bauform und drahtloser Datenübertragungstechnik gewählt, da sich die OBD-Diagnoseschnittstelle bei Fahrzeugen in der Regel im Bereich unter dem Lenkrad befindet. Dies trug dazu bei, dass das Hardwaresetup kompakt blieb, und damit eine mögliche Ablenkung der Versuchspersonen so gering wie möglich gehalten werden konnte. Aus den beiden Datenströmen wurden die Fahrgeschwindigkeit, die Drehzahl des Verbrennungsmotors sowie die GPS-Position extrahiert. Während die ersten beiden Größen als direkte Eingangsparameter in das implementierte Modell zur Schätzung der Schallemission einfließen, diente der aktuelle Fahrzeugstandort zur Ermittlung eines umfeldabhängigen Gewichtungsfaktors, der in die angezeigte Feedback-Metrik einfließt. Die rechnerische Abschätzung der aktuellen Schallemission und -immission sowie die Ermittlung der Feedback-Metrik erfolgten im Notebook. Zur Anzeige der Feedback-Metrik wurde das zuvor beschriebene bestehende System um ein Graphical User Interface (GUI) erweitert, welches über ein Smartphone-Display als externer Notebookbildschirm mit 5,4-Zoll Bildschirmdiagonale angezeigt wurde (siehe auch Abbildung 23 links).

Für das auf dem visuellen Display anzuzeigende Feedback wurde eine versuchsspezifische Lärmverhaltens-Metrik auf Basis einer Roll- und Antriebsgeräuschabschätzung entwickelt. Ziel bei der Entwicklung dieser Metrik war es, etablierte empirische und physikalische Rechenmodelle zur Abschätzung einer Schallemission und -immission zu berücksichtigen. Zudem war es für den Fahrversuch jedoch Grundvoraussetzung, dass das Rechenmodell in einer höheren Programmiersprache auf einem handelsüblichen Notebook mindestens 10-mal pro Sekunde ausgeführt werden kann, während zwei Sensordatenströme verarbeitet werden, und ein GUI mit einer Aktualisierungsrate von 60 Hz flüssig angezeigt werden kann. Letztere Rate hat sich in Pilottestversuchen als notwendig erwiesen, damit Höhenveränder-



Abbildung 23: Feedback-Display bei exemplarischer Pilottestfahrt für den Fahrversuch.
Quelle: Eigene Fotos (AIT).

ungen des Balkens am Feedback-Display im festgelegten Versuchsssetup als ausreichend flüssig wahrgenommen werden. Zudem ist es aus wissenschaftlicher Sicht grundsätzlich erstrebenswert, ein physikalisch möglichst detailliertes Modell wie z.B. in Huijssen et al. (2010) oder Pieren et al. (2015) zur Beschreibung der Schallemission und -immission zu implementieren – die zu ermittelnde Zielgröße in Form der Feedback-Metrik musste jedoch als Einzahlangabe und ohne physikalische Einheit am Feedback-Display anzeigbar sein, damit das visuelle Feedback von Personen ohne Vorkenntnisse bei einer alltäglichen Autofahrt einfach interpretierbar bleibt. Unter Berücksichtigung dieser Anforderungen wurde eine Feedback-Metrik entwickelt, die im Folgenden beschrieben wird.

In den ersten beiden Berechnungsabschnitten erfolgt eine Abschätzung der Schallemission des Versuchsfahrzeuges in Anlehnung an CNOSSOS-EU (2015). Dafür werden A-bewertete Bandpegel für die Oktavbänder mit den nominellen Mittenfrequenzen von 63 Hz bis 8 kHz herangezogen. Der Schallleistungspegel eines mittleren Rollgeräusches $L_{WR,i,m}$ wird bei allen Versuchs-PKW nach

$$L_{WR,i,m} = A_{R,i,m} + B_{R,i,m} \cdot \log_{10} \left(\frac{v_{GNSS}}{70 \text{ km/h}} \right)$$

für die Fahrzeugklasse $m = 1$ nach CNOSSOS-EU berechnet, wobei der Index i für die Oktavbandnummer, und v_{GNSS} für den aktuell gemessenen Wert der Fahrzeuggeschwindigkeit stehen. Da die Versuchsrouten keine Abschnitte mit Kopfsteinpflaster und Fahrbahndecken in grob sanierungsbedürftigem Zustand enthielt, wurden im Kontext des Fahrversuches die fahrbahnoberflächenabhängigen Terme $\alpha_{i,m}$ und β_m vernachlässigt. Zudem wurde davon ausgegangen, dass Fahrbahnoberflächenvariationen auf der Versuchsrouten in einer Gegend, wo Versuchspersonen möglicherweise nicht ortskundig sind, beim Fahren im Fließverkehr einen vernachlässigbaren Einfluss auf das Fahrverhalten im Vergleich zu anderen Aspekten haben. Bei der Abschätzung der Antriebsgeräuschemission von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor stellt die aktuelle Motordrehzahl in Geschwindigkeitsbereichen, wo das Antriebsgeräusch dominiert, eine maßgebliche Einflussgröße dar (Sandberg et al. 2002). Da der Term für die Schallleistung des Antriebsgeräusches $L_{WP,i,m}$ nach CNOSSOS-EU keine direkte Berücksichtigung der Motordrehzahl ermöglicht, wurden zu dessen Abschätzung für den eingesetzten V-PKW Schallleistungsmessungen im Motordrehzahlbereich zwischen 800 min^{-1} und 4500 min^{-1} durchgeführt. Die Messungen erfolgten in Anlehnung an DIN EN ISO 3746, um Bandschallleistungspegel $L_{WP,i}$ für die Oktavbänder mit den nominellen Mittenfrequenzen von 63 Hz bis 8 kHz zu ermitteln. Die ermittelten

Bandschallleistungsspektren sind Teil von Anhang D dieses Berichtes. Auch wenn die Messungen lediglich den Motorlastzustand „Leerlauf“ abdeckten, hat sich bei Pilottestfahrten diese Berücksichtigung der Motordrehzahl für die versuchsspezifische Lärmverhaltens-Metrik als zweckmäßig erwiesen. Während der Versuchsfahrten wurde in Abhängigkeit der aktuellen Motordrehzahl f_{rot} zur Abschätzung der Antriebsgeräuschemission linear zwischen den gemessenen Schallleistungspegeln gemäß

$$L_{WP,i} = L_{WP,i,f_{rot0}} + (f_{rot} - f_{rot0}) \cdot \left(\frac{L_{WP,i,f_{rot1}} - L_{WP,i,f_{rot0}}}{f_{rot1} - f_{rot0}} \right)$$

interpoliert, wobei f_{rot0} und f_{rot1} die zwei am nächsten benachbarten Motordrehzahlen mit gemessenen Schallleistungsspektren $L_{WP,i,f_{rot0}}$ und $L_{WP,i,f_{rot1}}$ sind.

Im letzten Berechnungsabschnitt wird eine Ausbreitungsberechnung nach CNOSSOS-EU zu einem fiktiven Immissionspunkt in Anlehnung an die Messdistanz (7,5 m Abstand in 1,2 m Höhe) nach DIN EN ISO 11819-1 durchgeführt, und anschließend werden alle Oktavbandpegel energetisch aufsummiert. Dieser Gesamtschalldruckpegel wird zur Ermittlung der anzuzeigenden versuchsspezifischen Lärmverhaltens-Metrik für die Anzeigebalkenhöhe farblich kodiert und gewichtet (siehe auch Abbildung 23). Die Art der Gewichtung sowie die farbliche Kodierung findet ortsabhängig statt, je nachdem auf welchem Teil der Strecke sich das Versuchsfahrzeug gerade befindet. Dadurch kann die Schallemission als „ortsüblich“ bewertet werden, da z.B. hohe Motordrehzahlen auf einem Beschleunigungsstreifen einer Autobahnauffahrt ein übliches Fahrverhalten darstellen. In einer städtischen Seitenstraße innerhalb eines Wohngebietes wird hingegen eine andere Gewichtung angewendet, damit die versuchsspezifische Lärmverhaltens-Metrik bei einer verhältnismäßig hohen Fahrgeschwindigkeit und Motordrehzahl große Werte annimmt und als roter Balken am Feedback-Display aufscheint. Die ortsabhängigen Gewichtungsfaktoren wurden empirisch auf Basis von Pilottestfahrten ermittelt, und dienen in erster Linie dazu, die Sensitivität der versuchsspezifischen Lärmverhaltens-Metrik so zu „kalibrieren“, dass das Feedback-Display bei einer „ortsüblichen“ lärmmindernden Fahrweise einen grünen Balken anzeigt.

Statischer externer Hinweisgeber

Für die Realisierung des externen statischen Hinweisgebers wurde ein Schild entworfen, welches sich visuell an Designs orientiert, wie sie z.B. von Verkehrsclubs bei Informationskampagnen eingesetzt werden (ADAC 2024). Dies geschah unter der Annahme, dass von Verkehrsclubs gewählte Farbkombinationen eine hohe Sichtbarkeit begünstigen. Abbildung 24 zeigt das Design des statischen Hinweisgebers, welches im Größenformat A0 nach ISO 216 auf eine PVC-Plane gedruckt wurde. Insgesamt wurden so zwei Informationsschilder konstruiert, die für einen Standort in einer städtischen Seitenstraße nahe dem AIT-Gelände vorgesehen waren, sodass sie in kurzen Zeiträumen zwischen Versuchspersonen der Interventions- und Kontrollgruppe auf- und abgebaut werden konnten. In der städtischen Seitenstraße beträgt die maximal erlaubte Höchstgeschwindigkeit 50 km/h, und das geringe Verkehrsaufkommen in der Straße erlaubte in der Regel eine freie Wahl des Fahrstils sowie der Geschwindigkeit. Tabelle 22 enthält die genauen Positionen der statischen Hinweisgeber während der Versuchsfahrten mit Personen aus der Interventionsgruppe. Zudem sind die Positionen in Abbildung 25 visualisiert.



Abbildung 24: Design (links) und Aufbau (rechts) des entworfenen visuellen Hinweisgebers entlang der Versuchsstrecke.

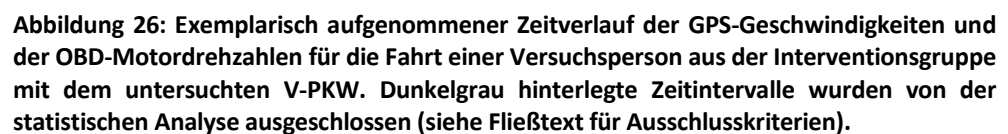
Hinweisgeber Nr.	Geographische Breite	Geographische Länge
1	48,2696199	16,42854989
2	48,26956596	16,4292320

Tabelle 22: Geographische Koordination der beiden platzierten visuellen Hinweisgeber.



Abbildung 25: Positionen der stationären Hinweisgeber (schwarze Kreise) in einer städtischen Seitenstraße (Paukerwerkstraße) entlang der Versuchsstrecke. Quelle Kartenmaterial: © OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA 2.0. Bei allen im Satellitenbild zur Paukerwerkstraße zulaufenden Wege handelt es sich um Ausfahrten von Privatgrundstücken mit Nachrang laut der österreichischen StVO.

Zur Untersuchung einer möglichen Stärkung von lärmbewusstem Fahrverhalten mit PKW im Straßenverkehr durch Hinweisgeber im Kontext des Fahrversuches wurden beide aufgezeichneten Fahrparameter (GPS-Geschwindigkeit, Motordrehzahl) zwischen der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe verglichen. Exemplarische Datensätze, die von einer Versuchsperson aufgezeichnet wurden, sind in Abbildung 26, Abbildung 27 und Abbildung 28 visualisiert. Die in Abbildung 26 dargestellten Zeitverläufe wurden genutzt, um Zeitintervalle von weiteren Analysen auszuschließen, wenn die freie Wahl des Fahrstils nicht möglich war. Zeitintervalle, die dabei ausgeschlossen wurden, enthielten: Kolonnenverkehr, Fahrzeugstillstand an Kreuzungen, unerwartete Querungen von Fußgänger*innen, und die Anwesenheit von Einsatzfahrzeugen, welche optische oder akustische Warnsignale aktiviert hatten. Die ermittelten Medianwerte der Fahrparameter, wie sie Abbildung 28 dargestellt sind und für jede Versuchsperson ermittelt wurden, bildeten die Grundlage für die nachfolgenden statistischen Analysen.



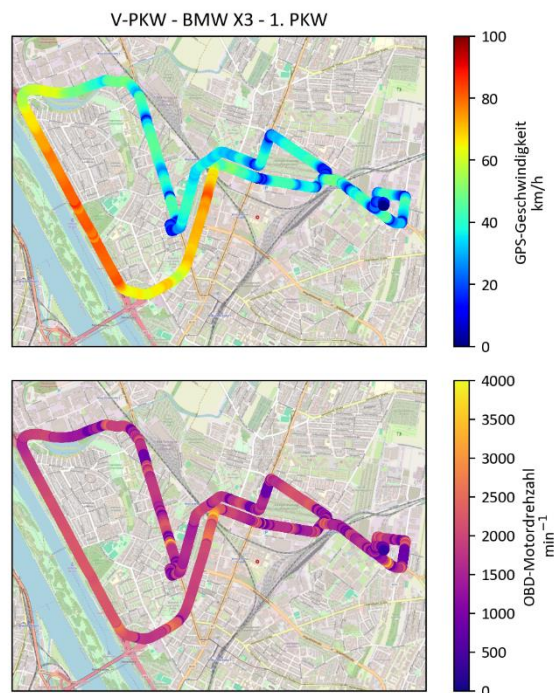


Abbildung 27: Exemplarisch aufgenommene Trajektorie der GPS-Geschwindigkeiten und der OBD-Motordrehzahlen für die Fahrt einer Versuchsperson mit dem untersuchten V-PKW. Quelle Kartenmaterial: © OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA 2.0.

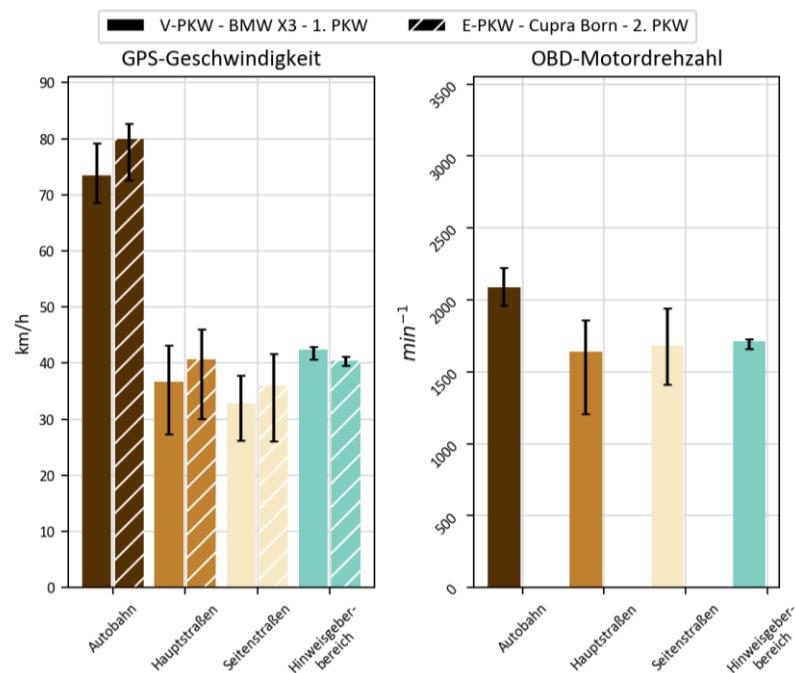


Abbildung 28: Exemplarisch ermittelte Mediangeschwindigkeiten und Motordrehzahl (farbige Balken) sowie 25%- und 75%-Perzentil (schwarze Whisker) in Abhängigkeit des Intersubjektfaktors „Straßentyp“ für die Fahrten einer Versuchsperson mit den untersuchten PKW.

Für die statistische Analyse wurde für jeden untersuchten PKW eine Mixed-Model-ANOVA mit „Versuchsgruppe“ als Zwischensubjektfaktor und „Straßentyp“ als Intersubjektfaktor

für die Fahrparameter „GPS-Geschwindigkeit“ und „OBD-Motordrehzahl“ durchgeführt. Erwartungsgemäß zeigten die zugehörigen F-Statistiken und p-Werte der ANOVA für den Intersubjektfaktor „Straßentyp“ bei beiden untersuchten PKWs und allen betrachteten Fahrparametern statistisch signifikante Unterschiede ($p < 10^{-6}$). Zudem konnte für den Zwischensubjektfaktor „Versuchsgruppe“ beim V-PKW kein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt werden ($p_{V-PKW, v, GPS} = 0,658$, $p_{V-PKW, f, rot} = 0,108$). Für den E-PKW liegt der unkorrigierte p-Wert mit 0,053 nur knapp über der Signifikanzgrenze – die zugehörigen t-Tests mit Bonferroni-Holm-Korrektur zeigten jedoch keine statistische Signifikanz. Die Abwesenheit eines einheitlichen Trends in Form von Unterschieden zwischen den Medianwerten der Fahrparameter ist für die Straßentypen „Autobahn“, „Hauptstraße“ und „Seitenstraße“ auch aus Abbildung 29 und Abbildung 30 ersichtlich.

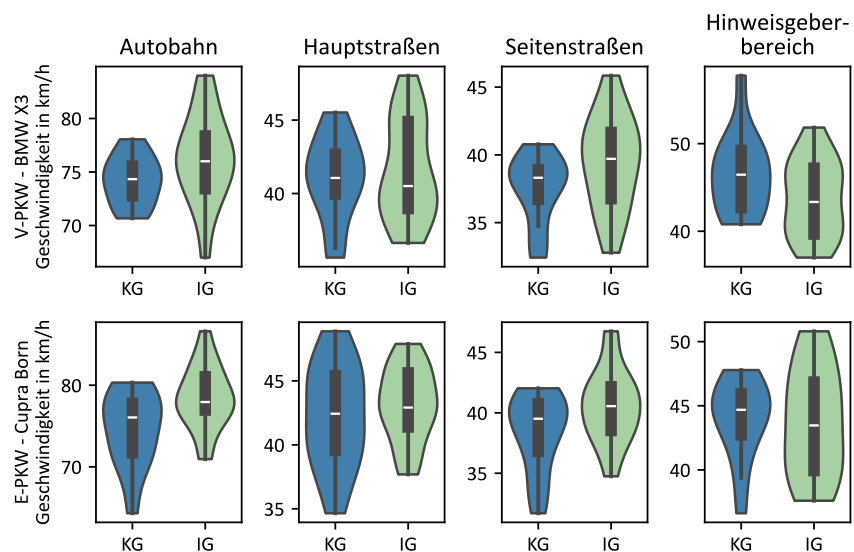


Abbildung 29: Vergleich zwischen geschätzten Verteilungen (blau und grüne Flächen - Violinenplot) der Mediangeschwindigkeiten (weiße horizontale Linie) zwischen Versuchspersonen der Kontrollgruppe (KG) und Versuchspersonen der Interventionsgruppe (IG) (Zwischensubjektfaktor „Versuchsgruppe“). Die schwarzen Boxen innerhalb der geschätzten Verteilungen stellen Boxplots mit 25%- und 75%-Perzentile als untere und obere Grenze dar (Boxplot), die Werte außerhalb (Whisker) sind als schwarze vertikale Linien zu zusammengefasst.

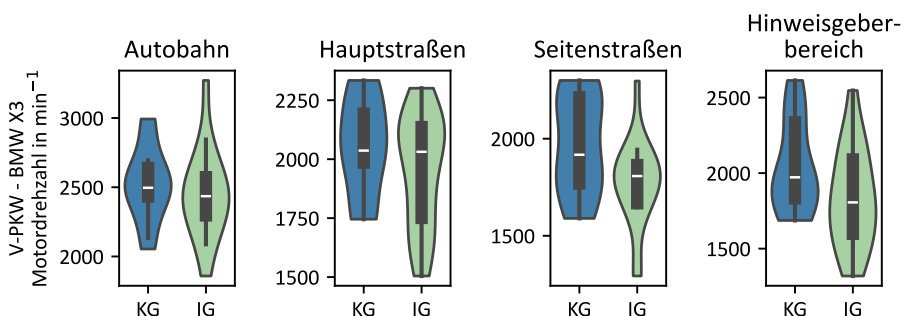


Abbildung 30: Vergleich zwischen Verteilungen der Medianmotordrehzahlen zwischen Versuchspersonen der Kontrollgruppe (KG) und Versuchspersonen der Interventionsgruppe (IG) (Zwischensubjektfaktor „Versuchsgruppe“). Für eine detaillierte Beschreibung der gewählten Darstellungsart, siehe Abbildung 29.

Da die statischen Hinweisgeber für Versuchspersonen der Interventionsgruppe nur in einer Seitenstraße entlang der Versuchsrouten platziert waren, fand eine gesonderte Berücksichtigung des Bereiches von 20 m vor dem ersten Hinweisgeber bis 20 m nach dem zweiten Hinweisgeber statt. Der Bereich wurde als zusätzliche Kategorie „Hinweisgeberbereich“ des Intersubjektfaktor „Straßentyp“ berücksichtigt, wie auch in Abbildung 29 und Abbildung 30 dargestellt. Die durchgeführten paarweisen t-Tests mit Bonferroni-Holm-Korrektur zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe zeigten keine statistische Signifikanz ($p_{V-PKW,v,GPS} = 0,306$, $p_{E-PKW,v,GPS} = 0,846$, $p_{V-PKW,f,rot} = 0,315$), jedoch liegen die Medianwerte aller Fahrparameterverteilungen in Abbildung 29 und Abbildung 30 der Interventionsgruppe für beide PKWs konsistent unter den Medianwerten der Kontrollgruppe. Auch wenn dieser Trend keinen statistisch signifikanten Einfluss der Hinweisgeber auf das Fahrverhalten darstellt, könnte es ein Hinweis für einen möglichen Einfluss der stationären Hinweisgeber im Rahmen des Fahrversuches sein.

4.1.4 Einordnung der Ergebnisse im Kontext von bestehenden Untersuchungen

Während den Autoren bis zur Erstellung dieses Berichtes keine vergleichbaren abgeschlossenen Studien mit einem Feedback-System zum aktuellen Lärmverhalten innerhalb des Fahrzeugs bekannt waren, konnte im Zuge der Literaturstudie eine Metaanalyse des Einflusses von interaktiven ortsfesten Hinweisgebern in Form eines Lärm-Displays am Straßenrand (Heusser & Heutschi 2022) identifiziert werden. In Relation zum im vorliegenden Forschungsvorhaben realisierten statischen Hinweisgeber, ist beim Lärm-Display ein Schallpegelmesser, welcher bis zu 100 m vor dem Display platziert werden kann, Teil der Ausstattung. Bei Überschreiten eines einstellbaren Schwellwertes in dB lässt sich damit ein individuell gestaltbares Feedback am Display anzeigen. Umfangreiche statistische Analysen in Heusser & Heutschi 2022 konnten eine mittlere Pegelreduktion von 0,5 – 1 dB(A) durch das Lärm-Display feststellen. Unter der Berücksichtigung des Umfangs der Untersuchungen mit einer Analyse von mehr als einer Million Vorbeifahrten an 27 unterschiedlichen Aufstellorten des Lärm-Displays über Zeiträume von bis zu 18 Wochen kann davon ausgegangen, dass externe Hinweisgeber in Form von Schildern mit interaktivem Feedback über Geräuschemission in der Lage sind, lärmarmes Fahrverhalten am Aufstellort zu fördern.

Die Ergebnisse aus den Fahrversuchen des vorliegenden Forschungsvorhabens erlauben keine eindeutigen Schlussfolgerungen dieser Art, da der Umfang der Untersuchungen (zwei stationäre Hinweisgeber an einem Standort) mit Vorbeifahrten von 35 Versuchspersonen deutlich geringer ist. Dies liegt in erster Linie daran, dass der Fokus des Fahrversuches auf dem Feedbacksystem innerhalb des Fahrzeuges lag. Dies erforderte Versuchsfahrten mit rekrutierten Personen, die mit dem Feedbacksystem ausgestattete Fahrzeuge lenkten. Aufgrund des geringeren Umfangs und der daraus resultierenden Datenmenge stehen die Ergebnisse der statistischen Analyse aus Abschnitt 4.1.3 nicht im Widerspruch zu den Erkenntnissen aus den Untersuchungen von Heusser & Heutschi (2022). In diesem Zusammenhang zeigte sich im Rahmen des Fahrversuches für beide untersuchte PKW im Bereich der Hinweisschilder ein statistisch nicht signifikanter Trend zu geringfügig niedrigeren mittleren Geschwindigkeiten (3,1 km/h für untersuchten V-PKW, 1,2 km/h für E-PKW) und Motordrehzahlen (166 min⁻¹ für untersuchten V-PKW).

4.2 Akustische Maßnahmenbewertung

Ergänzend zum Fahrversuch im Fließverkehr, der im vorherigen Abschnitt behandelt und beschrieben ist, wurden ausgewählte Verhaltens- und Fahrweisen hinsichtlich ihres Lärm-minderungspotentials mit Hilfe akustischer Kenngrößen quantifiziert. Dafür wurden gezielt unterschiedliche Fahr- und Verhaltensweisen im Straßenverkehr betrachtet, um das Lärm-minderungspotential an Immissionspunkten in der Nähe einer befahrenen Straße abzuschätzen.

4.2.1 Messkonzept und -durchführung

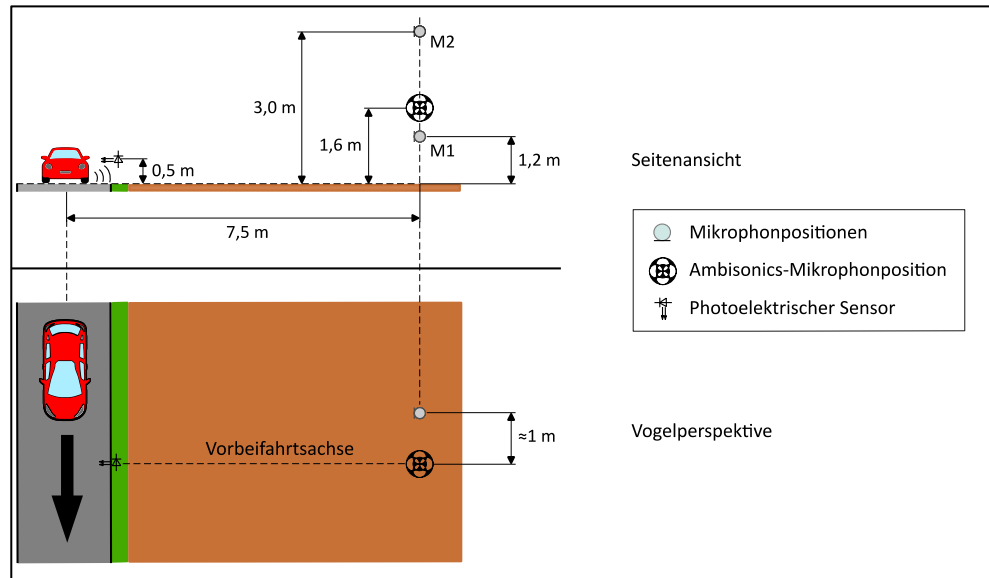


Abbildung 31: Seitenansicht (oben) und Vogelperspektive (unten) des Messaufbaus für die Vorbeifahrtsmessungen. Quelle: Eigene Darstellung (AIT).

Im Zuge der durchgeführten Literaturstudie, welche in Kapitel 2 beschrieben ist, konnte eine Studie von Hammer et al. (2016) identifiziert werden, in welcher der emissionsseitige Einfluss von unterschiedlichen Fahrweisen bei niedrigen Geschwindigkeiten eingehend untersucht wurde. Da sich die Messungen der Studie auf beschleunigte und konstante Vorbeifahrten von insgesamt 22 PKWs auf 30 km/h Zielgeschwindigkeit fokussierten, wurden bei den akustischen Messungen im vorliegenden Forschungsvorhaben bewusst auch höhere Geschwindigkeiten berücksichtigt. Zudem sollten im Zuge der Messungen Ambisonics-Aufnahmen angefertigt werden, welche als Material für akustische Stimuli des in Kapitel 4.3 beschriebenen Hörversuches dienen. Aus diesen Anforderungen wurde ein Messsetup abgeleitet, welches sich an den vorgeschriebenen Messaufbauten von DIN EN ISO 11819-1 und DIN ISO 362-1 orientiert, und in Abbildung 31 skizziert ist. Neben zwei Mikrofonpositionen in 7,5 m Abstand zur Fahrbahnmitte (M1, 1,2 m und M2, 3 m über der Fahrbahnoberfläche) wurde unmittelbar neben der Fahrbahn ein photoelektrischer Sensor zur genauen Detektion der Vorbeifahrtszeitpunkte platziert. In ca. 1 m Entfernung zu den Mikrofonpositionen und parallel zum Fahrbahnverlauf wurde 1,6 m über der Fahrbahnoberfläche ein Higher-Order Ambisonics (HOA) Mikrofon platziert, um damit die Hörposition eines ca. 1,7 m großen Menschen zu erfassen. Der in Abbildung 31 dargestellte Messaufbau wurde an einer asphaltierten Straße im politischen Bezirk Gänserndorf in Österreich realisiert und die Koordinaten der Position der konventionellen Mikrophone lauten 48,2709080952381° geographische Breite und 16,697926485714284° geographische Länge. Bei der Fahrbahnoberfläche der Straße handelte es sich um Asphaltbeton und



Abbildung 32: Exemplarische Vorbeifahrtmessung mit konventionellen Mikrofonen und HOA-Mikrofon (links) und Blick auf Messtrecke (rechts).

entlang des mehr als 500 m langen und geraden Streckenabschnittes war eine maximal erlaubte Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h vorgeschrieben.

Die Messungen wurden im Mai 2024 bei trockener Fahrbahn, Windgeschwindigkeiten von ≤ 3 m/s, einer mittleren Lufttemperatur von 17°C , und einem mittleren statischen Luftdruck von 994 hPa durchgeführt. Hintergrundgeräuschmessungen vor und nach den Vorbeifahrtmessungen führten je nach Messtag zu L_{Aeq} -Werten zwischen 35 dB(A) und 40 dB(A). Abbildung 32 zeigt eine beispielhafte Messung einer Vorbeifahrt und im Anhang C in Tabelle 34 sind alle relevanten Messgeräte aufgelistet. Beim akustischen Messsystem, welches mit den konventionellen Mikrofonen verbunden war, handelt es sich um ein akkreditiert kalibriertes Schalldruckpegelmesssystem der Genauigkeitsklasse 1 nach DIN EN 61672-1. Zur Kalibrierung des Aufnahmesystems, mit dem die HOA-Aufnahmen angefertigt wurden, wurde vor den Vorbeifahrtmessungen eine Folge maximaler Länge (MLS) über einen Lautsprecher wiedergegeben. Die MLS wurde sowohl mit dem Schalldruckpegelmesssystem als auch mit dem HOA-Mikrofon aufgenommen. Die Differenz aus dem mittleren energieäquivalenten Dauerschallpegel L_{Aeq} , gemessen mit den Mikrofonen 6, 7, 13 und 14 („Frontmikrophone“) des HOA-Mikrophons, und des gemessenen L_{Aeq} des Mikrophons in 1,2 m Höhe, wurde als Skalierungsfaktor auf die Rohsignale des HOA-Mikrophons angewandt. Zur Sicherstellung der internen Konsistenz zwischen den experimentellen Untersuchungen im Forschungsvorhaben wurden für die Vorbeifahrtmessungen die gleichen PKWs wie für den Fahrversuch im Fließverkehr verwendet, die in Abbildung 22 links zu sehen sind. Die betrachteten Fahrmanöver können in zwei Gruppen unterteilt werden: Vorbeifahrten mit konstanter Geschwindigkeit und Vorbeifahrten mit partiell konstanter Geschwindigkeit kombiniert mit einem Beschleunigungsvorgang ab 10 m bzw. 25 m vor der in Abbildung 31 eingezeichneten Vorbeifahrtsachse. Die für jeden PKW messtechnisch erfassten Geschwindigkeitsbereiche sind in Tabelle 23 aufgelistet. Da der untersuchte PKW mit Verbrennungsmotor über ein manuelles Schaltgetriebe verfügt, wurden die Vorbeifahrten mit konstanter Geschwindigkeit mehrmals, jedoch mit unterschiedlichen Gängen und den damit verbundenen Motordrehzahlen, durchgeführt. Da der Untergrund bei den Umkehrmöglichkeiten am Ende des Messstreckenabschnittes partiell mit feinen Steinen bedeckt war, wurde bei den Messungen in regelmäßigen Abständen darauf geachtet, dass sich möglichst keine Steine in den Reifenprofilen befanden. Insgesamt fanden Messungen für 61 kontrollierte Vorbeifahrten statt.

Fahrmanöver	PKW mit Verbrennungsmotor (V-PKW)	Elektro-PKW (E-PKW)
konstante Vorbeifahrt	10 km/h – 80 km/h	10 km/h – 100 km/h
konstante Vorbeifahrt mit Beschleunigung	20 km/h – 80 km/h	20 km/h – 90 km/h

Tabelle 23: Durchgeführte Fahrmanöver und Zielgeschwindigkeiten an der Vorbeifahrtsachse für diese Manöver.

4.2.2 Ergebnisse und Diskussion

Für alle in Abschnitt 4.2.1 beschriebenen Vorbeifahrtsmessungen mit unterschiedlichen Fahrmanövern wurden in Anlehnung an DIN EN ISO 11819-1 und DIN ISO 362-1 Schalldruckegolverläufe mit der Frequenzbewertung „A“ und der Zeitbewertung „Fast“ für alle eingesetzten Mikrophone berechnet. Daraus wurde für jedes Fahrmanöver der maximale Vorbeifahrtspegel $L_{AF,max}$ ermittelt. Konnte bei den Auswertungen ein Einfluss von Steinen im Reifenprofil auf den $L_{AF,max}$ festgestellt werden, bevor das Fahrzeug die Vorbeifahrtsachse überquerte, wurden die betroffenen Vorbeifahrten verworfen. Wurde aufgrund des Einflusses von Steinen im Reifenprofil ein $L_{AF,max}$ detektiert, nachdem das Fahrzeug die Vorbeifahrtsachse bereits gänzlich überquert hatte, fand lediglich eine Anpassung der Zeitintervalls für die Maximalwertdetektion statt, sodass der Einfluss der Steine ausgeblendet wurde. Ein Überblick über alle nach diesem Schema ausgewerteten Maximalpegel ist in Abbildung 33 dargestellt. Zudem enthalten Abbildung 34 und Abbildung 35 detaillierte Visualisierungen der Ergebnisse je Versuchs-PKW, und ermittelten logarithmischen Regressionsfunktionen vom Typ $L_{AF,max} = A + B \log_{10}(v / 1 \text{ kmh}^{-1})$. Da der primäre Fokus auf einer exemplarischen Quantifizierung des Lärminderungspotential unterschiedlicher Fahrweisen lag, wurde von der Anwendung komplexerer Regressions- und Modellierungsansätze, wie sie zum Beispiel in Ziegler et al. (2017) entwickelt wurden, abgesehen. Auf Basis der detaillierteren Visualisierung für den untersuchten PKW mit Verbrennungsmotor (V-PKW) in Abbildung 34 lassen sich folgende Beobachtungen machen:

- Die $L_{AF,max}$ -Werte bei Vorbeifahrten mit konstanter Geschwindigkeit mit dem ersten Gang liegen signifikant über den $L_{AF,max}$ -Werten bei vergleichbaren Geschwindigkeiten und höheren Gängen. Wird zwischen den maximalen Vorbeifahrtspegeln im ersten Gang und den maximalen Vorbeifahrtspegeln im zweiten Gang eine logarithmische Regression von 10 km/h bis 30 km/h durchgeführt und anschließend verglichen, ergeben sich für die Regressionsfunktion im ersten Gang zwischen 3,3 dB(A) bis 4,5 dB(A) höhere $L_{AF,max}$ -Werte. Da der untersuchte PKW über eine Motorleistung von 110 kW verfügt, können bei sportlicher Fahrweise im ersten Gang Geschwindigkeiten von bis zu 30 km/h durchaus als repräsentativ angesehen werden. Für Vorbeifahrten mit konstanten Geschwindigkeiten über 30 km/h sind die Unterschiede zwischen den $L_{AF,max}$ -Werten bei verschiedenen Gängen und vergleichbaren Geschwindigkeiten ≤ 2 dB(A).
- Bei Fahrmanövern mit konstanter Geschwindigkeit im ersten, zweiten und dritten Gang mit anschließender Beschleunigung liegen die ermittelten $L_{AF,max}$ -Werte bis ca. 60 km/h signifikant über den $L_{AF,max}$ -Werten der Fahrmanöver mit konstanter Geschwindigkeit (1,5 dB(A) bis 4,2 dB(A) auf Basis von logarithmischen Regressionen). Ein Überblick der Differenzen bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten kann Tabelle 24 entnommen werden. Zwischen beschleunigten Vorbeifahrten und Vorbeifahrten mit konstanter

Geschwindigkeit im vierten und fünften Gang konnten über 60 km/h keine nennenswerten Pegeldifferenzen festgestellt werden.

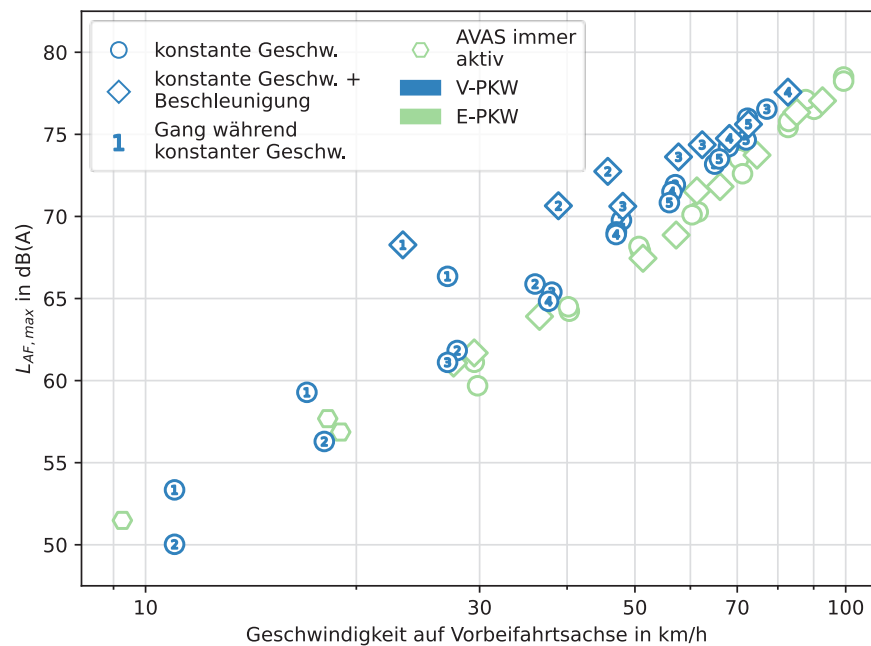


Abbildung 33: Ermittelte maximale Vorbeifahrtspegel $L_{AF,max}$ aller validen Vorbeifahrtsmessungen an der Mikrofonposition M1 in 7,5 m Abstand zur Fahrbahnmitte und 1,2 m über der Fahrbahnoberfläche.

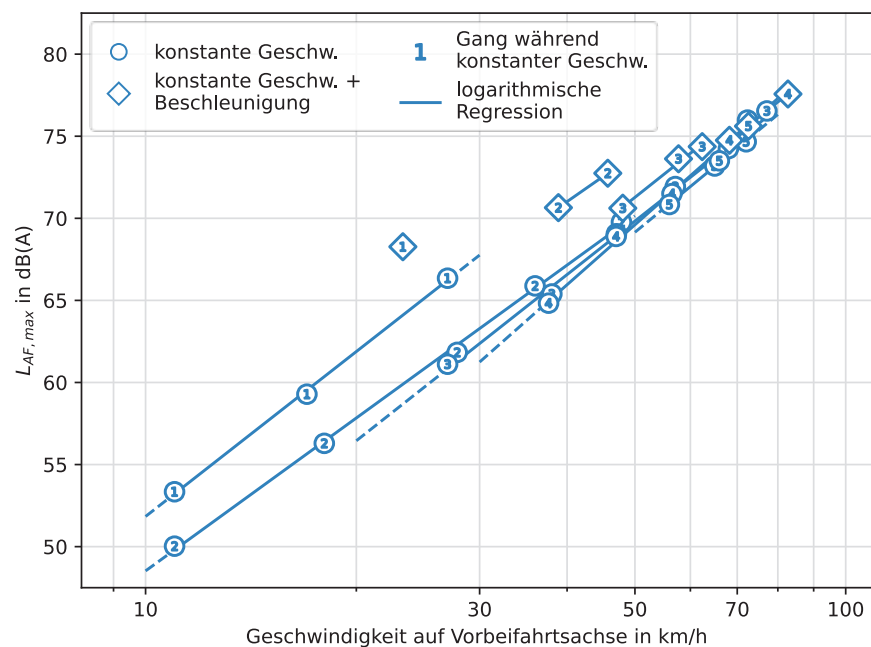


Abbildung 34: Ermittelte maximale Vorbeifahrtspegel $L_{AF,max}$ valider Vorbeifahrtsmessungen mit dem untersuchten V-PKW an der Mikrofonposition M1 in 7,5 m Abstand zur Fahrbahnmitte und 1,2 m über der Fahrbahnoberfläche. Die durchgezogenen Geraden repräsentieren logarithmische Regressionsfunktionen auf Basis von Vorbeifahrten in einem bestimmten Gang.

Fahrmanöver	Geschwindigkeit		
	10 km/h	20 km/h	30 km/h
konstante Geschwindigkeit Gang 1 / Gang 2	3,3 dB(A)	4,0 dB(A)	4,5 dB(A)
konstante Geschwindigkeit Gang 2 / Gang 3	30 km/h	40 km/h	50 km/h
	0,9 dB(A)	0,6 dB(A)	0,3 dB(A)
konstante Geschwindigkeit Gang 3 / Gang 4	40 km/h	50 km/h	60 km/h
	0,6 dB(A)	0,2 dB(A)	-0,1 dB(A)
konstante Geschwindigkeit Gang 4 / Gang 5	60 km/h	70 km/h	80 km/h
	0,7 dB(A)	0,8 dB(A)	1,0 dB(A)
Beschleunigung von Gang 1 / konstante Geschw. Gang 1	23 km/h		
	4,2 dB(A)		
Beschleunigung von Gang 2 / konstante Geschw. Gang 2	40 km/h		
	3,9 dB(A)		
Beschleunigung von Gang 3 / konstante Geschw. Gang 3	60 km/h		
	1,5 dB(A)		

Tabelle 24: $L_{AF,max}$ -Pegeldifferenzen zwischen je zwei Fahrmanövern (erste Spalte) bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten, ermittelt auf Basis der in Abbildung 34 dargestellten logarithmischen Regressionsfunktionen für untersuchten V-PKW. Positive dB-Werte bedeuten, dass für das erste angeführte Fahrmanöver der jeweiligen Zeile höhere $L_{AF,max}$ -Werte ermittelt wurden.

Auf Basis einer detaillierteren Visualisierung für den untersuchten Elektro-PKW (E-PKW) in Abbildung 35 lassen sich folgende Beobachtungen machen: die $L_{AF,max}$ -Werte bei Vorbeifahrten mit konstanter Geschwindigkeit liegen lediglich im Bereich um ca. 30 km/h geringfügig unter den $L_{AF,max}$ -Werten der beschleunigten Vorbeifahrten. Zu höheren Geschwindigkeiten sind die Differenzen im maximalen Vorbeifahrtspegel aufgrund der vorhandenen Stichprobengröße vernachlässigbar. Eine Auflistung der Differenzen auf Basis logarithmischer Regressionen kann aus Tabelle 25 entnommen werden.

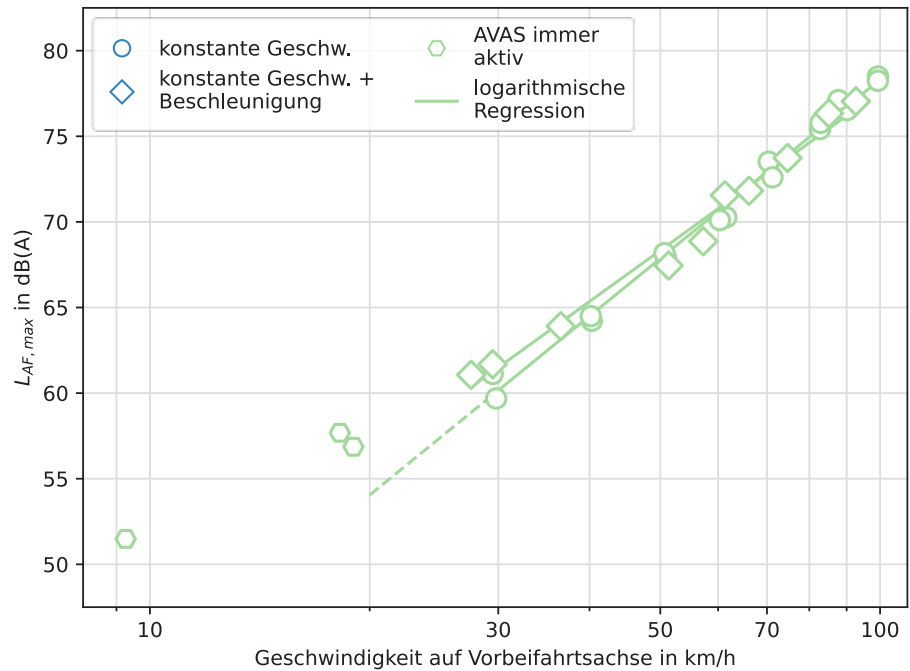


Abbildung 35: Ermittelte maximale Vorbeifahrtspegel $L_{AF,max}$ valider Vorbeifahrtsmessungen mit dem untersuchten E-PKW an der Mikrofonposition M1 in 7,5 m Abstand zur Fahrbahnmitte und 1,2 m über der Fahrbahnoberfläche. Die Geraden repräsentieren logarithmische Regressions-funktionen auf Basis einer bestimmten Fahrmanöverart. Vorbeifahrten, bei denen das AVAS durchgehen aktiv war, wurden von den Regressionsanalysen ausgeschlossen.

Fahrmanöver	Geschwindigkeit		
	30 km/h	50 km/h	70 km/h
Beschleunigung / konstante Geschwindigkeit	1,4 dB(A)	0,5 dB(A)	0,0 dB(A)

Tabelle 25: $L_{AF,max}$ -Pegeldifferenzen zwischen je zwei Fahrmanövern (erste Spalte) bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten, ermittelt auf Basis der in Abbildung 35 dargestellten logarithmischen Regressionsfunktionen für untersuchten E-PKW. Positive dB-Werte bedeuten, dass für das erste angeführte Fahrmanöver der jeweiligen Zeile höhere $L_{AF,max}$ -Werte ermittelt wurden.

4.3 Ermittlung der durch verschiedene Fahrweisen bedingten Lärmbelästigung

4.3.1 Einleitung

In einem Hörexperiment wurden Vorbeifahrtsgeräusche, die durch ausgewählte Verhaltens- und Fahrweisen erzeugt wurden, sowie Straßenverkehrsszenen mit und ohne prominente Einzelereignisse durch Versuchspersonen bezüglich deren Belästigung bewertet. Ferner wurden ausgewählte Bewertungsitems ausgewählt, um damit die mehrdimensionale Wahrnehmung von Straßenverkehrsgeräuschen gemäß den Ergebnissen des Forschungsprojektes „FE 02.0431/2019/IRB“ zur Erprobung psychoakustischer Parameter für innovative Lärminderungsstrategien zu ermitteln (Schweidler et al., 2024) und mögliche Veränderungen der Wahrnehmung durch lärmprovozierende Fahrweise über die Lärmbelästigung hinaus zu bestimmen. Wie in Kapitel 4.2 mittels Vorbeifahrtsmessungen in Anlehnung an DIN EN ISO 11819-1 und DIN ISO 362-1 gezeigt, führen unterschiedliche Fahrmanöver zu unterschiedlichen Geräuschemissionen, die sich nicht nur in einer Schalldruckpegelveränderung manifestieren. Dabei stellt sich die Frage, ob durch verschiedene Fahrweisen spezifische Belästigungsreaktionen ausgelöst werden, die mit der einhergehenden Schalldruckpegelerhöhung allein nicht aufgeklärt werden können. Darüber hinaus gilt es ebenfalls zu explorieren, ob auffällige Geräuscheignisse, die durch Fahrweisen (Kavaliersstart), Verhaltensweisen (mehrmaliges Hupen) oder durch besondere Geräuschquellen (Krankswagen mit Notsirene, LKW) hervorgerufen werden, innerhalb von Straßenverkehrsgeräuschen mit mehreren Fahrzeugen eine besondere Rolle für die Gesamtbewertung spielen.

4.3.2 Methodik

Der Hörversuch zur durch verschiedene Fahrweisen bedingten Lärmbelästigung fand im Mixed-Reality-Lab der Universität der Künste (UdK) Berlin statt. Als Anreiz für die 45-minütige Teilnahme erhielten die Teilnehmenden entweder 8 Euro oder eine Versuchspersonenstunde. Die Akquise der Teilnehmenden erfolgte über das VP-Portal der Technischen Universität Berlin. Dies führte zu einer gemischten Stichprobe, bei der die Personen überwiegend einen Hochschulabschluss besaßen, nahezu gleichermaßen weiblich oder männlich waren und verschiedene Altersgruppen abbildeten (siehe Abbildung 36). Insgesamt nahmen 33 Personen am Hörversuch teil.

Der Ablauf des Hörversuchs bestand darin, dass die Versuchspersonen zuerst das Einverständnis zur Versuchsteilnahme und Datennutzung gaben, bevor Sie ausführlich instruiert wurden. Es wurde ein Versuchspersonen-Code generiert und die Teilnehmenden stimmten der Datenschutzerklärung zu. Als Eingabegerät wurde ein Apple iPad (10. Generation) genutzt und alle Angaben der Versuchsteilnehmenden wurden per Online-Fragebogen (SoSci Survey) erfasst. Anschließend wurden Daten zum Alter, Geschlecht, Bildungsgrad sowie zur individuellen Lärmempfindlichkeit nach Zimmer & Ellermeier (1998) erhoben.

Um den Versuchsablauf zu verstehen sowie die Bewertungsaufgabe kennenzulernen, hörten die Versuchspersonen zunächst einen Stimulus, den sie anschließend anhand multipler Ratingskalen bewerteten. Insgesamt wurden 8 Items auf 100-stufigen Ratingskalen von 0 bis 100 mittels Schieberegler bewertet. Die Items waren *erholsam*, *bedrohlich*, *lästig*, *nah*, *ereignisreich*, *wummernd*, *heulend* und *monoton* und wurden als Repräsentanten der Dimensionen, die in einer Studie im Rahmen eines BAST-Forschungsprojektes³⁶ zur Bewertung

³⁶ FE 02.0431/2019/IR. Erprobung psychoakustischer Parameter für innovative Lärminderungsstrategien.

von Straßenverkehrsgläuschen ermittelt wurden (siehe exemplarisch Fiebig et al. (2024) und Schweidler et al. (2024)), ausgewählt. Danach wurden insgesamt 30 Stimuli präsentiert und nach erfolgter Präsentation durch die Versuchspersonen bewertet. Dabei wurden zunächst in einem ersten Block 15 urbane Geräuscszenarien mit Straßenverkehrsgläuschen von jeweils 40 Sekunden Dauer dargeboten. Die Aufnahmen stammen aus dem oben erwähnten BAST- Forschungsprojekt. Nach dem ersten Block an präsentierten Stimuli bildeten die Versuchspersonen hinsichtlich der hervorgerufenen Lästigkeitswirkung bezüglich verschiedener vorgegebener Geräuschphänomene eine Rangreihenfolge. Anschließend wurden weitere 15 Signale von 10 Sekunden Dauer, die lediglich aus Einzelvorbeifahrten bestanden, präsentiert und analog zum ersten Block bewertet.

Der technische Aufbau der Studie umfasste die Anfertigung und Aufbereitung der Signale. Die vorgespielten und zu bewertenden Geräuscszenen wurden in Feldaufnahmen im städtischen Raum mit einem 19-Kapsel-3D-Mikrofon (Zylia ZM-1) erzeugt und wurden bereits in einer Studie von Fiebig et al. (2022) verwendet. Aus diesen Aufnahmen wurden markante akustische Sonderereignisse ermittelt (LKW-Gläusche, Notsirene) sowie akustisch unauffällige Szenen bestimmt. Weitere Szenen wurden erzeugt, indem bestehende Aufnahmen um auffällige Einzelereignisse augmentiert wurden, die auffällige urbane Geräusche wie Hupen, das Aufheulen von Motoren, sowie Motorradgeräusche beinhalteten³⁷. Dafür kamen VST-Plugins aus der IEM-Suite zum Einsatz. Zusätzlich wurden Einzelvorbeifahrten aus Kapitel 4.2 verwendet. Eine nähere Beschreibung der (psycho-)akustischen Ausprägungen sind im Anhang E zu finden (siehe Tabelle 35 und Tabelle 36).

Die Schalldruckpegel der Aufnahmen wurden an Referenzmessungen angepasst, die in Kapitel 4.2 erstellt wurden. Die Wiedergabe der Stimuli erfolgte randomisiert, indem eine zufällige Zahlenabfolge mit dem Numpy Random Generator³⁸ erzeugt wurde. Zur Wiedergabe wurden eine Digital Audio Workstation (Reaper), der Decoder Panoramix (Carpentier & Cornuau, 2016) und ein Audiointerface mit dem Dante-Protokoll (Low Latency Network Audio Protocol) verwendet. Das Abspielsystem bestand aus einem 21.2 Wiedergabesystem, einem hemisphärischen Higher Order Ambisonics Array, das immersive 3D-Schallfelder in einem zentralen Hörbereich von etwa 3x3 Metern erzeugt. Abschließend wurden am Hörort der Versuchspersonen akustische Messungen der Stimuli mit einem Schallpegelmesser (NTI XL2 mit Klasse 1 Messmikrofon) durchgeführt, um post-hoc Analysen bezüglich der von den Probanden gehörten Szenen durchzuführen.³⁹

³⁷ Als unauffällig wurde diejenigen Aufnahmen markiert, die einen geringeren Dynamikbereich bezüglich des Schalldruckpegels abdeckten. Hier war die Differenz zwischen Maximalpegel und Mittelungspegel weniger als 4 dB. Die unauffälligen Straßenverkehrsgläusche bestanden aus Sequenzen mit vornehmlich Personenkraftwagen in üblichen Betriebszuständen, ohne prominente Anfahrgeräusche. Dabei variierte bei diesen Szenen der Abstand zur Straße und die Verkehrsmenge, wodurch unterschiedliche Mittelungspegel resultierten. Zu den bestehenden Aufnahmen wurde zusätzlich ein vorbeifahrendes auffälliges Motorrad gemischt. Die LKW-Szene stellte sich zwar als weniger dynamisch bezüglich der Schalldruckpegelvariation dar (siehe Anhang E Tabelle 35), allerdings waren dort besonders charakteristische Geräusche des Fahrzeugs zu hören (Ablassen von Druckluft). Die Szene, das einzelne Hupgeräusche beinhaltete, wurde synthetisch mit Hupgeräuschen ergänzt und auf einen plausiblen Schalldruckpegel angepasst.

³⁸ <https://numpy.org/doc/stable/reference/random/index.html> (abgerufen am 01.07.2024)

³⁹ Die folgenden Betrachtungen, bei denen ein Zusammenhang zwischen den perzeptiven Bewertungen und den Geräuschausprägungen hergestellt wird, beziehen sich immer auf die am Hörort im BOL (Berlin Open Lab) aufgezeichneten Messungen, d.h. auf die reproduzierten Vorbeifahrten aus Kapitel 4.2. Dadurch sind potentielle Ungenauigkeiten durch das mehrkanalige Wiedergabesystem aufgrund der Kalibrierung und der Entzerrung des Messsystems irrelevant. Schlussfolgerungen aus dem Experiment beziehen sich damit nur auf die durch die Versuchspersonen gehörten Geräusche, d.h. auf die Reproduktion der Vorbeifahrtsmessungen mit endlicher Genauigkeit.

4.3.3 Ergebnisse

Die Auswertung der Ergebnisse wurde mit Hilfe der Python Data Science Bibliotheken *Pandas*, *Scipy (Stats)*, *Statsmodels* sowie den Visualisierungstools *Seaborn* und *Matplotlib* durchgeführt. Dabei wurden die individuellen Urteile und die Verteilung der Bewertungen zu den einzelnen Stimuli durch die Betrachtung von Verteilungsparametern analysiert. Es wurde entschieden, den gesamten Datensatz zu verwenden, da keine relevanten Ausreißer ermittelt wurden.

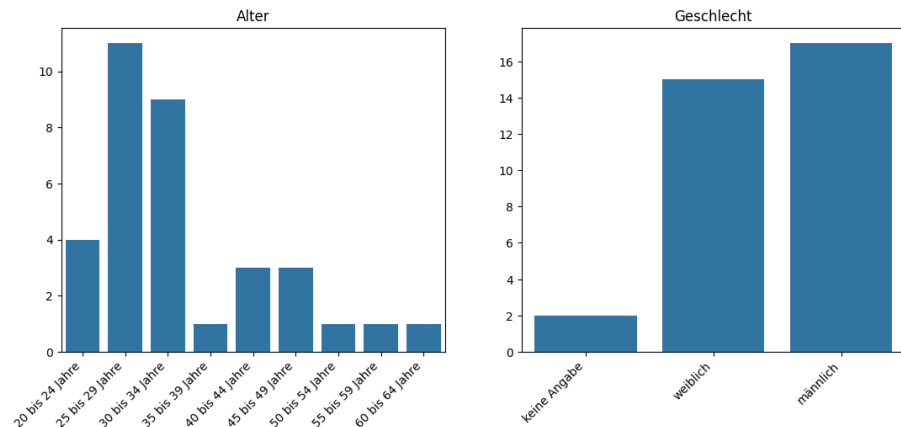


Abbildung 36: Merkmale der Stichprobe (n=33): Häufigkeitsdiagramme, die die Alterszusammensetzung (links) und die Geschlechtsverteilung (rechts) darstellen.

Zunächst wurde überprüft, inwiefern ein Zusammenhang zwischen den Bewertungsattributen besteht. Dafür wurden die insgesamt 990 Einzelbeobachtungen der 8 Attribute miteinander korreliert und der Korrelationskoeffizient r nach Pearsons bestimmt (siehe Abbildung 37:). Es zeigte sich eine hohe positive Korrelation zwischen den Attributen *lästig* und *bedrohlich*. Eine weniger hohe, jedoch signifikante Korrelation bestand zwischen den Attributen *ereignisreich* und *lästig* sowie *nah* und *lästig*. Eine starke negative Korrelation wurde erwartungsgemäß zwischen den Attributen *erholsam* und *lästig* festgestellt.

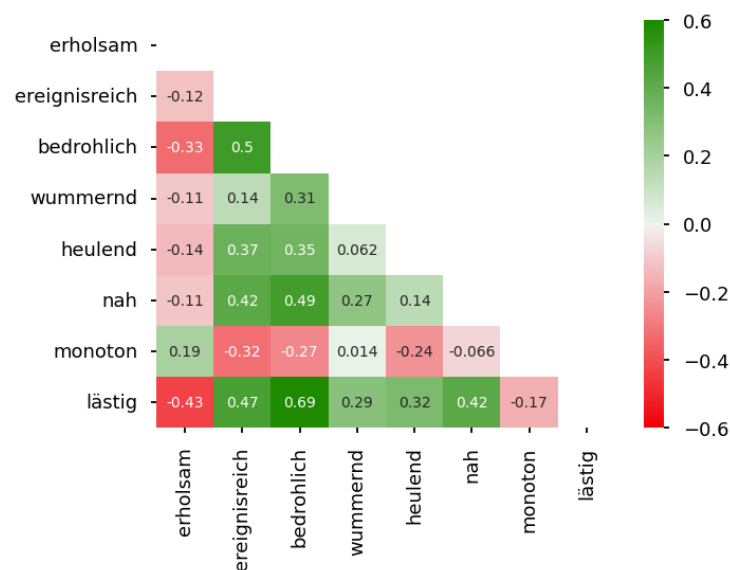


Abbildung 37: Korrelative Zusammenhänge (Pearsons' r) zwischen den Bewertungsgrößen mit der Anzahl der verwerteten Datensets 33 bei 30 Messwiederholungen (n=990). Alle Korrelationen sind hochsignifikant ($p < 0,001$), außer zwischen heulend und wummernd ($p = 0,053$), monoton und wummernd ($p = 0,667$), monoton und nah ($p = 0,038$).

In Abbildung 38 sind die Ergebnisse der Rangreihenfolgeaufgabe dargestellt, bei der die Versuchspersonen per Rangreihenfolge angeben sollten, was aus einer Auswahl an störenden Geräuschen am lästigsten empfunden wurde. Als lästigste Geräuschquelle wurde die Notsirene eingeordnet, gefolgt von mehrfachem Hupen. Weniger lästig wurden das Fahren mit hoher Drehzahl sowie die LKW-Vorbeifahrten eingeordnet. Am wenigsten lästig wurde das Geräusch von Bussen eingeschätzt.

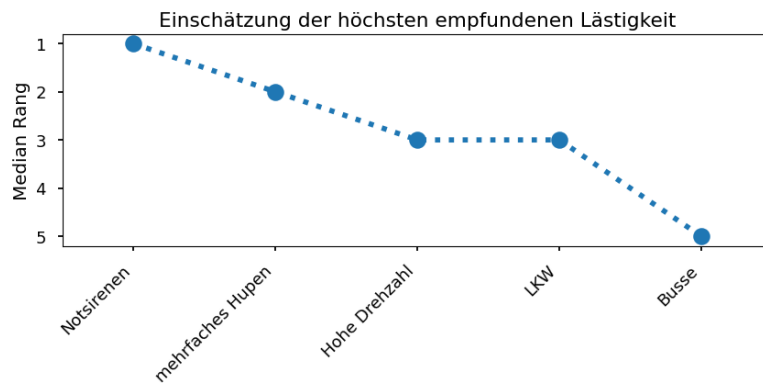


Abbildung 38: Rangreihenfolge (Median) der vorgegebenen Geräuschtypen bezüglich der empfundenen Lästigkeit. Die Angaben erfolgten, nachdem der erste Block an urbanen Geräuschszenarien gehört und bewertet wurde.

Beurteilung von einzelnen Vorbeifahrten

Bei der Betrachtung der Bewertung der Lästigkeit der Einzelvorbeifahrten des Fahrzeuges mit Verbrennungsmotor (BMW X3) können drei Betriebsmodi gegenübergestellt werden: niedrigere Gangwahl sowie höhere Gangwahl bei Konstantfahrten und beschleunigte Vorbeifahrten. Der Zusammenhang zwischen der Bewertung des Items „lästig“ und dem Mittelungspegel L_{Aeq} ist in Abbildung 39 dargestellt. Es zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede bei der Bewertung der akustischen Stimuli der Konstantfahrten bei einer Geschwindigkeit aber unterschiedlichen Gangwahl, wodurch unterschiedliche Drehzahlen bedingt waren (10km/h: $p=0,65$; 30km/h: $p=0,92$; 50km/h: $p=0,82$).

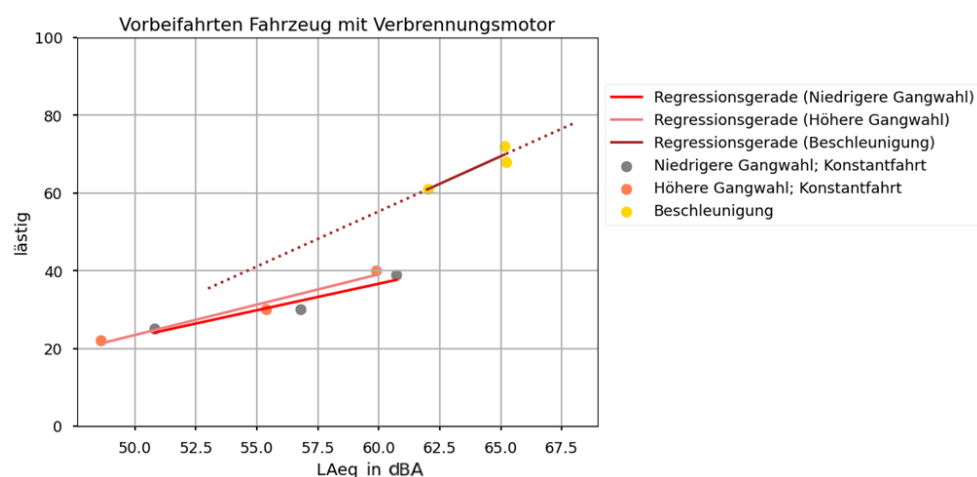


Abbildung 39: Darstellung der Medianwerte der Lästigkeitsbewertung von Einzelvorbeifahrten mit einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor in verschiedenen Betriebsmodi aufgetragen in Abhängigkeit des A-bewerteten Mittelungspegels (L_{Aeq}). Die in der Abbildung enthaltenen Regressionsgeraden wurden nach der Methode Ordinary-Least-Squares (OLS) ermittelt.

Größere Unterschiede gab es hingegen bei dem Vergleich von beschleunigten Vorbeifahrten mit den Vorbeifahrten bei konstanter Geschwindigkeit. Sichtbar wird dies durch den Verlauf der unterschiedlichen Regressionsgeraden in Abbildung 39.

Eine weiterführende Betrachtung der Auswirkung der Gangwahl auf die zusätzlich erhobenen Attribute ergab ebenfalls keine statistisch signifikanten Unterschiede. Lediglich geringfügige Unterschiede traten bei der Bewertung der *Nähe* bei der Geschwindigkeit von 30 km/h sowie bei den Bewertungen der Items *monoton* und *ereignisreich* bei der Geschwindigkeit von 50 km/h auf, zudem gab es einen statistisch signifikanten Unterschied bei 10 km/h hinsichtlich des Items *wummernd* (siehe Abbildung 40).

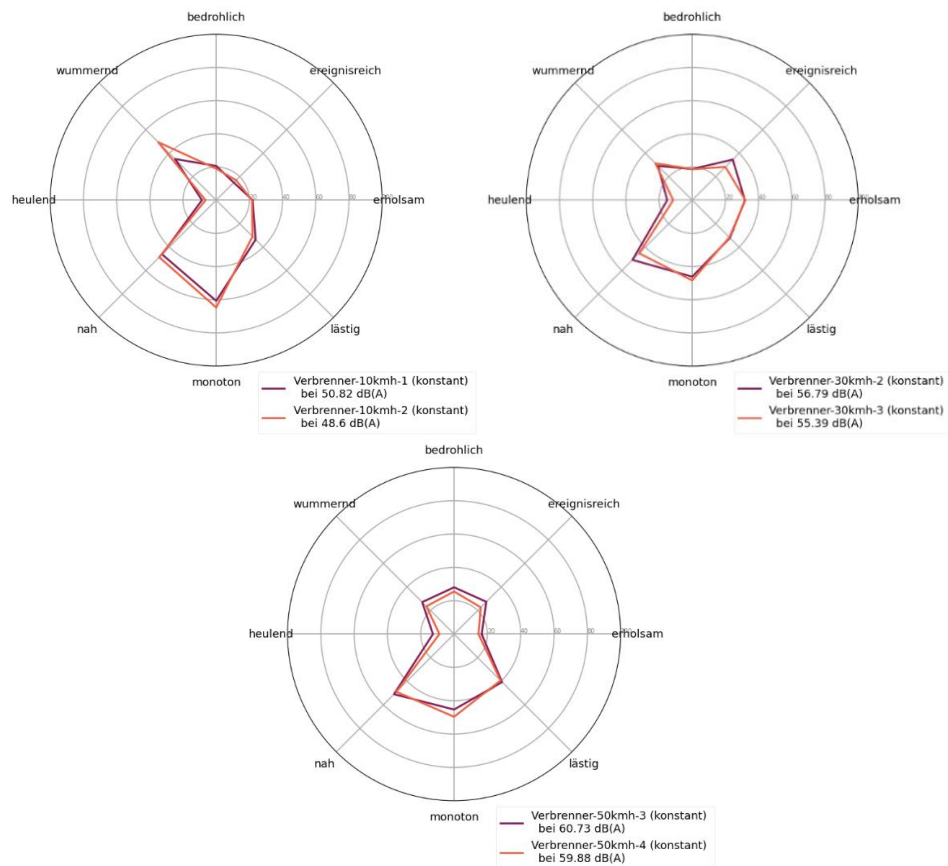


Abbildung 40: Radarplot. Vergleich der wahrgenommenen auditiven Qualitäten bei Konstantfahrten mit unterschiedlichen Gängen bei einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor. Es wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede, außer bei 10km/h bezüglich des Items wummernd ($p < 0,05$) siehe oben links, beobachtet.

Eine Beurteilung der Lästigkeitsurteile der Einzelvorbeifahrten des Elektrofahrzeugs zeigte ein ähnliches Bild. Dabei wurden zwei Zustände gegenübergestellt: Konstantfahrten vs. Beschleunigungsvorgänge. Der Zusammenhang zwischen der Bewertung des Items „lästig“ und dem Mittelungspegel L_{Aeq} ist in Abbildung 41 dargestellt. Es zeigte sich eine leichte Verschiebung der Regressionsgeraden in Abhängigkeit des Fahrzustandes. Der mittlere der Abstand der Regressionsgeraden entspricht ca. 4 dB. D.h., die Konstantfahrten des Elektro-

fahrzeuges wurden tendenziell als weniger belästigend bewertet als die Beschleunigungsvorgänge.⁴⁰

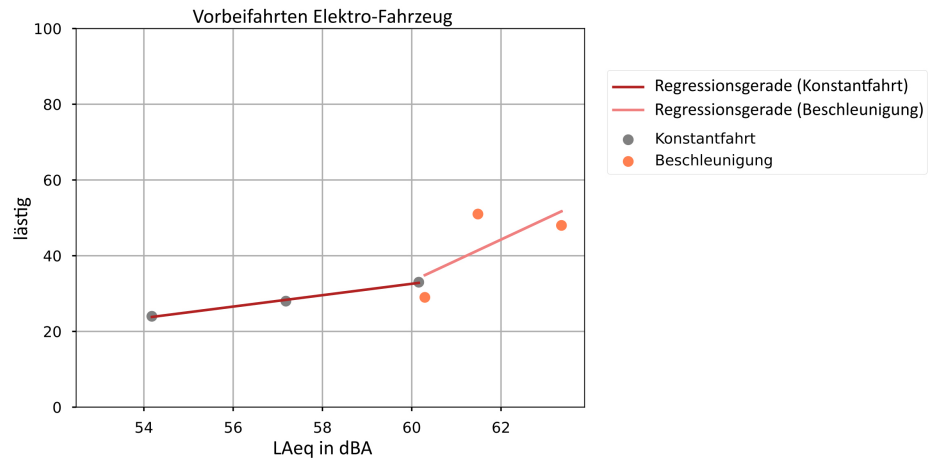


Abbildung 41: Darstellung der Medianwerte der Lästigkeitsbewertung der Vorbeifahrenden mit einem Fahrzeug mit Elektromotor in verschiedenen Betriebsmodi über den A-bewerteten Dauerschalldruckpegel L_{Aeq} . In der Abbildung sind ebenfalls Regressionsgeraden, die mit OLS (Ordinary Least Squares)-Schätzung erstellt wurden, enthalten.

Bewertung urbaner akustischer Straßenverkehrsszenen

Die bewertete Lästigkeit der urbanen Geräuschumgebungen, die im ersten Block des Hörversuches präsentiert wurden, ist in Abbildung 42 bezogen auf den Mittelungspegel L_{Aeq} dargestellt. Hierbei wurden die Straßenverkehrsszenen sowohl mit als auch ohne auffällige Geräuschereignisse gruppiert und jeweils über den A-bewerteten Mittelungspegel L_{Aeq} dargestellt. Es zeigt sich bei dieser Darstellung, dass Szenen mit prominenten und salienten Einzelereignissen bei gleichem Schalldruckpegel als lästiger beurteilt wurden als unauffällige Straßenverkehrsgeräusche. Hupen und Geräusche von Sirenen befinden sich noch oberhalb der Regressionsgeraden für auffällige Einzelereignisse und wurden daher am lästigsten bewertet. Die mittlere Differenz der Regressionsgeraden beträgt ca. 3,2 dB und stellt eine Größenordnung der erhöhten Störwirkung aufgrund auffälliger Ereignisse in Form eines Pegeläquivalents dar. Auffällige und prominente Einzelereignisse führen somit zu einer erhöhten Störwirkung, die im Mittelungspegel nicht ausreichend abgebildet werden kann.

Abbildung 43 illustriert exemplarisch die Auswirkungen der salienten Ereignisse auf die mehrdimensionale Gesamtbewertung. Hierbei ist der Messort identisch, nur in einer Szene tritt ein markantes Geräusch eines Lastkraftwagens auf. Der energieäquivalente Dauerschallpegel der unauffälligen Szene entspricht dabei annähernd dem Mittelungspegel der auffälligeren Szene. Deutlich ist zu erkennen, dass bei diversen Items statistisch signifikante Unterschiede beobachtet wurden.

⁴⁰ Die Wiedergabe der Konstantfahrten des Elektrofahrzeugs bei niedriger Geschwindigkeit (10km/h, 30km/h) weichen basierend auf der Wiedergabe von den Messergebnissen aus Kapitel 4.2 um einige dB ab. Die Ergebnisse in der Abbildung 41 spiegeln die Bewertungen der Versuchspersonen im Hörversuch bezogen auf die dargebotenen Schalldruckpegel wider. Die Wiedergabe aller anderen Vorbeifahrenden entsprechen den Messwerten aus dem Kapitel 4.2 mit einer Abweichung kleiner 1 dB.

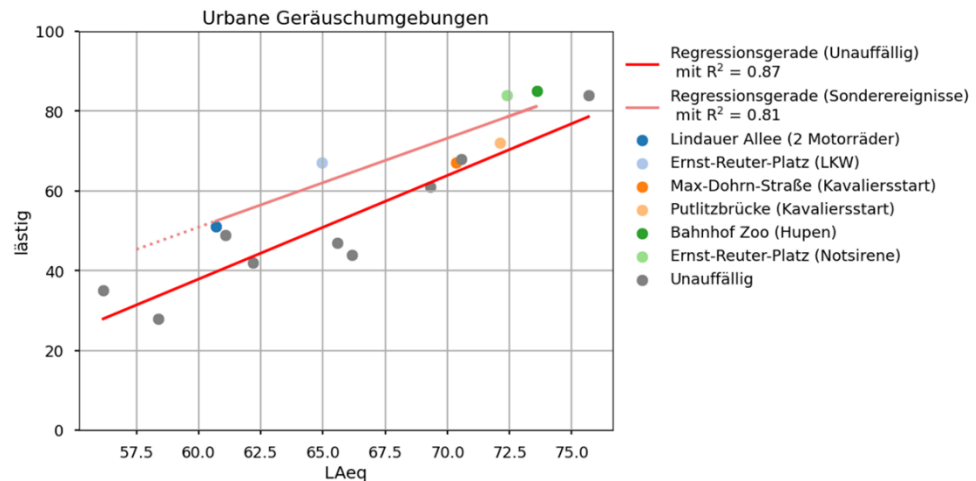


Abbildung 42: Darstellung der Medianwerte der Lästigkeitsbewertung diverser urbaner Geräuschumgebungen mit und ohne auffällige Einzelereignisse über den A-bewerteten Dauerschallpegel L_{Aeq} .

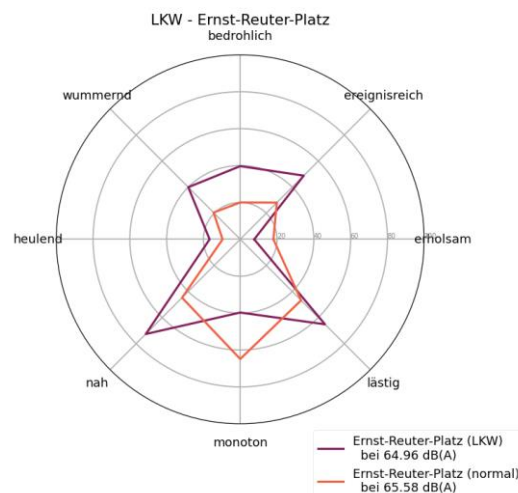


Abbildung 43: Radarplot der 8 erhobenen Attribute von urbanen Szenen mit ähnlichem A-bewerteten Schalldruckpegel (Straßenverkehrsgeräusche vom Ernst-Reuter-Platz (Berlin) mit und ohne auffälliges Einzelereignis). Statistisch signifikante Unterschiede sind bei allen Attributen vorhanden (bedrohlich: $p < 0,001$; wummernd: $p < 0,01$; ereignisreich: $p < 0,001$; erholsam: $p < 0,01$; lästig: $p < 0,01$; monoton: $p < 0,001$; nah: $p < 0,001$; heulend: $p < 0,05$).

4.3.4 Diskussion der Hörversuchsergebnisse

Im Rahmen eines Hörversuches im Mixed-Reality-Lab der UdK Berlin wurde die perzeptive Bedeutung auffälliger Einzelereignisse, die teilweise lärmprovozierende Verhaltensweisen im Straßenverkehr widerspiegeln, bezüglich verschiedener Wahrnehmungsqualitäten näher untersucht. Obwohl keine aufwendige Entzerrung, wie beispielsweise in Georgiou et al. (2024) beschrieben, zur gehörrichtigen Wiedergabe der Ambisonics-Aufnahmen realisiert wurde, konnten die gemessenen Schalldruckpegel der Vorbeifahrtmessungen absolut und relativ mehrheitlich reproduziert werden.

Erwartungsgemäß zeigte sich, dass sich auffällige, saliente Geräuschereignisse auf die mehrdimensionale Wahrnehmung und Bewertung auswirken. So beobachtete auch Fastl (1991) am Beispiel von Straßenverkehrsgeräuschen, dass die wahrgenommene Lautheit nicht der

Mittelung der empfundenen Lautheit entsprach, sondern sich scheinbar eher an den Lautheitsspitzen orientierte. Fiebig und Sottek (2015) bestätigten diese Beobachtung und schlugen ebenfalls Indikatoren zur spezifischen Berücksichtigung von Lautheitsspitzen vor. Aus der Lärmwirkungsforschung ist ebenfalls bekannt, dass neben dem Mittelungspegel auch die Anzahl an Geräuschereignissen relevant ist, z.B. im Kontext von Fluglärm (vgl. le Masquier et al., 2007). Dazu beobachtete Rösli et al. (2019) bei Straßenverkehrslärm zwar bei größerer Ereignishaftigkeit (*intermittency ratio*) überraschenderweise eine geringere Lärmbelästigung, jedoch zeigten sich wiederum starke Effekte durch besondere Lärmereignisse auf die eingeschätzte Schlafqualität, auf die Einschlafdauer und das Wechseln zwischen Schlafstadien (Rösli et al., 2019).

Insgesamt wurde in vielen Fällen mit prominenten Geräuschereignissen eine erhöhte Störwirkung beobachtet. Dabei führte jedoch bei Vorbeifahrten mit konstanter Geschwindigkeit (10 km/h, 30 km/h, 50 km/h) eine durch die Gangwahl bedingte höhere Motordrehzahl nicht zu einer statistisch signifikant höheren Lärmbelästigung. Dagegen zeigte sich ein erhöhtes Störpotenzial bei beschleunigten Vorbeifahrten im Vergleich zu Konstantfahrten, sofern der Mittelungspegel betrachtet wird. Auch bei der Betrachtung des maximalen Schalldruckpegels ist die erhöhte Störwirkung aufgrund des hörbaren Betriebszustandes sichtbar. Die Beschleunigungsmanöver werden dabei als lästiger wahrgenommen unabhängig von der Antriebsart, d.h. die erhöhte Störwirkung trat bei Fahrzeug mit Verbrennungsmotor wie auch beim Elektrofahrzeug auf.

Auch bei der Betrachtung von komplexen und längeren urbanen Straßenverkehrsgeräuschen zeigte sich die Übertragbarkeit der Erkenntnisse aus den Bewertungen der einzelnen Vorbeifahrtsgeräusche. Prominente Beschleunigungsvorgänge führen zu höheren Lästigkeitsurteilen. Bei der Einordnung der Effektstärke der erhöhten Störwirkung durch auffällige Einzelereignisse ließen sich aus den Abständen der Regressionsgeraden der gruppierten Szenen Pegeläquivalente schätzen, die in einer Größenordnung von 3 bis 4 dB liegen. D.h., auf Basis der Hörversuchsergebnisse könnte man das Potenzial zur Minderung der Lärmbelästigung bei häufiger Vermeidung von auffälligen Einzelereignissen, wie beispielsweise lärmprovozierende Fahrweisen, in der Größenordnung von 3 dB ansetzen, neben der messbaren Verringerung des Schalldruckpegels.

Auch erscheinen eine intelligente Verkehrsführung, Verkehrsmanagement und Maßnahmen zur Förderung kontinuierlicher Fahrweise als belästigungsverringend, zeigte sich bei den Einzelvorbeifahrten deutlich die erhöhte Belästigung bei beschleunigten Vorgängen. Auch die unmittelbare Einordnung der lästigsten Geräuschereignisse mittels der Methode der Rangreihenfolge zeigte die besondere Bedeutung von verhaltensbezogenem Lärm. Es wurde mehrfaches Hupen und hohe Drehzahlen kritischer eingestuft als Geräusche von Bussen und LKWs, die nicht zwingend aufgrund des Fahrverhaltens laut sind.

4.4 Schlussfolgerungen der Realversuche und der akustischen Bewertung

Die Ergebnisse aus den Fahrversuchen zeigten keine statistisch signifikanten Effekte der Hinweisgeberarten zwischen der Kontroll- und der Experimentalgruppe. Der statische externe Hinweisgeber zeigte jedoch einen Trend zur Lärmminderung (niedrigere Geschwindigkeiten sowie geringere Drehzahlen) im unmittelbaren Umfeld des Schildes, was im Kontext der Nutzung von interaktiven Lärm-Displays mit adaptiver Anzeige durch umfangreiche

statistische Analysen mit einer mittleren Pegelreduktion von 0,5 bis 1,0 dB auch belegt wurde (Heusser & Heutschi, 2022).

Externe Hinweisgeber in Form von Schildern gekoppelt mit interaktivem Feedback über Geräuschemissionen können somit lärmarmes Fahrverhalten, zumindest am Aufstellort, fördern. Dagegen wurde keine eindeutige systematische Stärkung des lärmbewussten Fahrverhaltens im Straßenverkehr durch den digitalen Informationsgeber zur fahrbedingten Lärmemission beobachtet. Hierbei zeigte sich, dass für die tatsächliche Wirkung von Informationsgebern auf Verhalten ein erklärender inhaltlicher Bezugsrahmen geschaffen werden muss. Eine Maßnahme ohne inhaltliche Einbettung, wie hier im Rahmen der Versuchsfahrten umgesetzt, da die teilnehmenden Personen nicht über die Motivation des Hinweisgebers informiert wurden, zeigt damit keine nennenswerte Wirkung.

Als weitere akustische Maßnahmenbewertung wurden kontrollierte Vorbeifahrtsmessungen mit den im Feldversuch verwendeten Testfahrzeugen (BMW X3, Cupra Born) durchgeführt. Es bestätigte sich das grundsätzliche Lärminderungspotential bei ausgewählten Verhaltens- und Fahrweisen. Beispielsweise reduzierte sich der Vorbeifahrtspegel beim Fahrzeug mit Verbrennungsmotor um einige dB allein durch das frühe Hochschalten und der damit verbundenen Reduzierung der Drehzahl. Erwartungsgemäß zeigten sich auch Unterschiede im Vorbeifahrtspegel zwischen Vorbeifahrten mit konstanter Geschwindigkeit gegenüber beschleunigten Vorbeifahrten. Beim Elektrofahrzeug zeigten sich dagegen geringere fahrmanöverabhängige Unterschiede im Vorbeifahrtspegel.

Basierend auf einen Hörversuch im Mixed-Reality-Lab der Universität der Künste Berlin wurde die perzeptive Wirkung der in den Vorbeifahrtsmessungen implizit enthaltenen lärmprovozierenden Verhaltens- und Fahrweisen näher untersucht. Wie in Müller et al. (2021) gefordert, gilt es die Belästigungswirkung bei auffälligen Geräuschereignissen, die temporäre Pegelspitzen verursachen, zielgerichtet in Hörversuche zu ermitteln. Die dargebotenen Geräusche, einzelne Vorbeifahrten sowie komplexe Straßenverkehrsszenen mit einer Dauer von 40 Sekunden, wurden hinsichtlich 8 verschiedener Aspekte, die als Repräsentanten für wesentliche Wahrnehmungsdimensionen von Straßenverkehrslärm angesehen wurden, bewertet (vgl. Schweidler et al., 2024).

Es zeigte sich, dass die auffälligen Einzelereignisse, die teilweise lärmprovozierende Verhaltensweisen im Straßenverkehr widerspiegeln (Hupen, Kavaliersstart, laute Motorradvorbeifahrten, Beschleunigungsvorgänge), eine erhöhte Störwirkung verursachen. Die salienten Geräuschereignisse wirkten sich auf die mehrdimensionale Wahrnehmung und Bewertung der Geräusche aus. So zeigte sich beispielsweise ein erhöhtes Störpotential bei beschleunigten Vorbeifahrten im Vergleich zu Konstantfahrten unabhängig von der Antriebsart, sofern der Mittelungspegel als Bewertungsgröße herangezogen wird. Auch bei der Betrachtung von komplexen urbanen Straßenverkehrsrgeräuschen zeigte sich, dass sich durch temporäre auffällige Einzelereignisse eine pegeläquivalente erhöhte Störwirkung in einer Größenordnung von 3 bis 4 dB einstellte. Auf Basis der Hörversuchsergebnisse könnte man das Potential zur Minderung der Lärmbelästigung bei häufiger Vermeidung von auffälligen Einzelereignissen, wie lärmprovozierende Fahrweisen, in einer Größenordnung von 3 dB ansetzen.

5 Maßnahmen zur Förderung lärmbewussten Verhaltens

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde ein Maßnahmenkatalog zur Steigerung des Lärmbewusstseins und von lärmbewussten Verhalten auf Basis theoretischer Betrachtungen abgeleitet und punktuell mit Hilfe einer umfangreichen Befragung im DACH-Raum sowie basierend auf einige experimentelle Untersuchungen konkretisiert. Darin enthalten sind Maßnahmen, Konzepte und Interventionen, sowie die Ergebnisse aus den experimentellen Studien.

5.1 Allgemeine Maßnahmen zur Förderung lärmindernder Verhaltensweisen

Bei der Gestaltung und Umsetzung von Interventionsmaßnahmen sind insbesondere die Verhaltensweisen zu adressieren, die signifikant die Qualität der Umwelt beeinflussen (Steg & Vlek, 2009). Wenn dabei Verhaltensweisen erheblich mit Einstellungen zusammenhängen, muss für eine nachhaltige Förderung von spezifischen Verhaltensweisen auch eine Änderung dieser Einstellungen angestrebt werden. Hierfür sind Informationsstrategien geeignet, die darauf abzielen, vorherrschende Motivationen, Wahrnehmungen und Normen zu ändern.

Wenn hingegen kontextuelle Faktoren bestimmte Verhaltensweisen hemmen, können strukturelle Strategien hilfreich sein, die darauf abzielen, die Umstände von Verhaltensentscheidungen zu adressieren und mögliche Hindernisse zu beseitigen. Steg & Vlek (2009) schlagen vier Wege für Informationsstrategien vor: (i) Information, um das Problembewusstsein zu steigern, (ii) Persuasion, um persönliche Normen zu steigern, (iii) soziale Unterstützung und Vorbilder, um soziale Normen zu steigern und (iv) die Beteiligung der Öffentlichkeit, um den Standpunkt der Zielgruppe zu berücksichtigen.

Strukturelle Strategien können die Verfügbarkeit von Produkten und Dienstleistungen, rechtliche Regelungen oder finanzielle Anreize bzw. Sanktionen als Hebel benutzen. Belohnungen können jedoch problematisch sein, wenn Personen ihre Verhaltensweise nicht aufgrund des eigentlichen Ziels, sondern aufgrund der Belohnung ändern, da somit keine nachhaltige Wirkung erreicht würde.

Geller et al. (1982) differenzieren zwischen Antezedenz- und Konsequenzstrategien. *Antezedenzstrategien* zielen darauf ab, Faktoren zu verändern, die dem Verhalten vorausgehen, indem z.B. das Problembewusstsein geschärft wird, über verschiedene Auswahlmöglichkeiten informiert wird und positive bzw. negative Konsequenzen der eigenen Verhaltensweisen illustriert werden. Beispiele hierfür sind Informations- und Aufklärungskampagnen, Handlungsaufforderungen, das Wecken von Verhaltenspflichten und die Modellierung der Umwelt. *Konsequenzstrategien* zielen darauf ab, die Folgen des Verhaltens zu ändern. Beispiele hierfür sind Feedback, Belohnungen und Strafen. Lindenberg & Steg (2007) schlugen in ihrer Goal-Framing-Theory vor, dass mehrere Motive angesprochen werden sollten, um umweltbewusstes Verhalten zu fördern, insbesondere wenn dieses kostenintensiv (nicht nur im finanziellen Sinne) ist.

Konkret schlagen Lindenberg & Steg (2007) vor, dass bei Interventionen der normative Zielrahmen gestärkt werden müsse und sich der hedonische und/oder gewinnbringende Zielrahmen mit dem normativen Zielrahmen vereinbaren lässt.

In einer Metaanalyse stellten Fischer et al. (2013a) fest, dass die Möglichkeiten, die eigenen Geräuschemissionen zu reduzieren unter den Teilnehmenden der Umfrage, wenig oder gar nicht bekannt waren. Bei der Erstellung von Maßnahmen zur Förderung lärmindernden Verhaltens mussten daher laut Fischer et al. (2013a) zunächst folgende Punkte abgewogen werden: (i) ob das generelle Bewusstsein für die Lärmproblematik oder konkrete leise Handlungsmuster verbreitet werden. Dies beinhaltet also eine Entscheidung darüber, in welcher Handlungsphase angesetzt wird. Und (ii), ob mit Lärmschutz- oder Umweltschutzmotiven geworben wird. Lärmschutzmotive haben den Vorteil, dass die Lärmproblematik verdeutlicht und somit auch die Akzeptanz von politischen Lärmschutzmaßnahmen gestärkt wird, aber auch den Nachteil, dass solche Motive für altruistische Lärmreduktionshandlungen ggf. zu schwach sind.

Bei Umweltschutzmotiven ist die Lärmbekämpfung als zentrales Motiv weniger präsent, diese Motive könnten allerdings eher zur gewünschten leisen Handlung führen. Außerdem ist es wichtig herauszufinden, in welcher Phase sich die meisten Personen einer Zielgruppe befinden, um möglichst tief ausgeprägte theoretische Ansatzpunkte dieser Phase anzusprechen. In Fischer et al. (2013b) werden verschiedene Umsetzungsideen vorgeschlagen, um die Bereitschaft weniger Straßenverkehrslärm zu produzieren, sowie die Absicht Eco-Drive fahren zu wollen, zu fördern. Lauper et al. (2015) postulierten aufgrund ihrer Erkenntnisse, dass Interventionsmaßnahmen die Transition von der Intention zum Verhalten direkt ansprechen und unterstützen müssten. Dies könnte durch die Bereitstellung von Erinnerungshilfen geschehen, die dazu beitragen, die Verhaltensabsicht aufrechtzuerhalten, und den Autofahrenden, durch die Bereitstellung von Feedback-Optionen, helfen ihr Verhalten zu überwachen, wie dies in Kapitel 4.1 als Intervention implementiert und näher untersucht wurde.

Tabelle 26 listet auf Basis der Literatursynthese einen allgemeinen Maßnahmenkatalog zur Förderung lärmbewussten Verhaltens auf. Eine trennscharfe Unterscheidung zwischen den Ebenen und der diesen zugeordneten Maßnahmen ist nicht möglich, da einzelne Maßnahmen auf mehreren Ebenen wirksam sind.

Personale Ebene	Physisch-materielle Ebene	Sozio-ökonomische Ebene	Soziokulturelle Ebene	Rechtlich-politisch-administrative Ebene
Problembewusstsein fördern Informationskampagnen über leise Handlungsmuster initiieren Feedback über Wirksamkeit von Verhalten geben (z.B. durch Apps) Persönliche Normen stärken (z.B. Rücksichtnahme) Allgemeine Vorteile lärmbewussten Verhaltens aufzeigen (z.B. für Gesundheit)	Situative Erleichterungen für lärmarmes Verhalten fördern Stärke bzw. Unmittelbarkeit des Effekts der Handlung verdeutlichen Leisere Produkte sichtbar machen und Attraktivität fördern	Informationen über Möglichkeiten der Lärmminderung bereitstellen Anreize für leises Handeln und für Erwerb leiser Produkte schaffen Sanktionierung lauten Handelns umsetzen	Kollektive Werte und Traditionen schaffen Verknüpfung mit anderen positiven Auswirkungen für die Umwelt herstellen Soziale Vergleichsmöglichkeiten fördern Soziale Normen stärken (z.B. Umweltschutz) Informations-technologien (Apps) zur Verdeutlichung des „Lärmfußabdrucks“ etablieren	Standards setzen Verbote und Vorschriften erlassen Umfang der Umsetzung von Sanktionierungen bemessen Schilder, Informationstafeln, Anzeigen, Produktkennzeichnungen einführen

Tabelle 26: Maßnahmen zur Förderung lärmbewussten Verhaltens anhand der Literatursynthese und der Ergebnisse der Online-Befragung. Eine trennscharfe Unterscheidung zwischen den Ebenen und der diesen zugeordneten Maßnahmen ist nicht möglich, da einzelne Maßnahmen auf mehreren Ebenen wirksam sind.

5.2 Ableitung eines Maßnahmenkatalogs im Kontext des motorisierten Individualverkehrs auf der Straße

Im Rahmen des motorisierten Individualverkehrs ergeben sich zahlreiche Möglichkeiten durch lärmbewusste Verhaltensweisen die Geräuschentwicklung zu minimieren. Hierbei zeigen diverse Studien sowie die Untersuchungen in diesem Forschungsprojekt das Lärm-minderungspotential auf. Mittels einer umfangreichen Befragung sowie experimenteller Untersuchungen im Realverkehr wurden ausgewählte Möglichkeiten näher exploriert.

Auch Kramer & Petzold (2022) untersuchten im Rahmen einer Umfrage motivationale Prädiktoren für Eco-Drive. Personen, die Eco-Drive aus autonomer Motivation, d.h. aus starkem Interesse oder tiefen persönlichen Überzeugungen nachgingen, gaben im Gegensatz zu Personen, die Verhaltensweisen aufgrund von kontrollierter Motivation, d.h. externen Kräften oder internen Druck umsetzten, an, dass sie sich mehr anstrengen würden, um dieses Verhalten auch tatsächlich zu erreichen. Insgesamt deuten diese Ergebnisse darauf hin, dass autonome Motive und mit der Verhaltensweise kohärente, intrinsische Werte relevante Prädiktoren für umweltbewusstes Fahren sind. Daher sollten zukünftige Studien den Fokus von informativen und monetären Anreizen hin zu wirkungsvollen Feedback-Interventionen

verlagern, die den Beitrag des spezifischen Verhaltens für die Umwelt explizit betonen und die Wahrnehmung von Zusammenhängen zwischen dem Verhalten und persönlichen biosphärischen Motiven ermöglichen (Kramer & Petzold, 2022).

Auf Basis der Erkenntnisse aus Moser et al. (2013b), erstellten Moser et al. (2015) ein umfangreiches Interventionsprogramm, bestehend aus Informationsmaterial („Sensibilisierungspaket“), einer Fahrschulung und einer vierwöchentlichen Rückmeldung zur Fahrweise. Ziel war es, Autofahrende in Bezug auf die Problematik des Straßenverkehrslärms zu sensibilisieren, eine dauerhafte Umsetzung von Eco-Drive zu unterstützen sowie die Motorengeräuschemissionen der teilnehmenden Fahrenden zu senken. Mittels Interventionsprogramm zeigte sich, dass Fahrschulungen bis zu 21% starke Reduktion der durchschnittlichen Motorendrehzahl forcierten, die auch im geringeren Maße in der Phase der Fahrrückmeldungen andauerte, wodurch eine niedertourige Fahrweise angeregt wurde. Bei Parametern, welche auf vorausschauendes Fahren und Ausrollen hindeuten (Ruckartigkeit, Fahrzeit in Schubabschaltung, Verzögerung mit Bremse), wurde teilweise eine Verbesserung während der Phase der Fahrrückmeldungen beobachtet, allerdings verschlechterten sich diese Parameter wieder nach Beendigung des Programms. Ähnlich verhielt es sich auch mit dem Kraftstoffverbrauch, mit einer Reduktion von bis zu 14% auf 100 Kilometer während der Fahrschulung und bis zu 3% in der Rückmeldephase und einem schwindenden Effekt nach der Intervention. Zudem zeigte sich eine geringfügige Verringerung der gemittelte Schalldruckpegel der Motorengeräusche während der Phase der Rückmeldungen. Auch der Anteil lauter Fahrten sank kurzfristig, stieg nach Ende der Rückmeldungsphase jedoch wieder an. Die Ergebnisse verdeutlichen den Wert von Fahrschulungen und Wissensvermittlungen, die jedoch sich bedingt durch das befristete Interventionsprogramm verfestigen ließen.

Dabei scheint eine niedertourige Fahrweise leichter umsetzbar zu sein als vorausschauendes Fahren, bei dem Fahrende ausgeprägtes Erfahrungswissen benötigen. Auch zeigte sich eine Diskrepanz zwischen Selbsteinschätzung und tatsächlichen Verhalten, da die Teilnehmenden davon ausgingen, ihren Eco-Drive Fahrstil verbessert zu haben (Moser et al. 2015). Interessanterweise verbesserte sich nicht nur die Interventionsgruppe, sondern auch die Kontrollgruppe in Bezug auf verschiedene Fahrparameter. Dieser Effekt ist möglicherweise auf eine Informationsbereitstellung zurückzuführen, da Teilnehmende in der ersten Befragung bereits Informationen bezüglich Eco-Drive erhielten.

Im Projekt „Lärmarme Rumpelstreifen“ (LARS) wurde im Rahmen der Verkehrsinfrastrukturforschung 2014 (VIF, 2014) von Kasess et al. (2017) untersucht, welche Möglichkeiten es gibt, Rumpelstreifen so auszuführen, dass die aufmerksamkeitssteigernde Wirkung erhalten werden kann, während die Belästigung von Anrainer*innen reduziert wird. Rumpelstreifen erzeugen akustische Warngeräusche und werden eingesetzt, um beim Abkommen vom Fahrstreifen bei Fahrzeuglenkenden die Aufmerksamkeit zu erhöhen oder sie im Falle von Sekundenschlaf wachzurütteln. Diese Warngeräusche werden jedoch auch in der Umgebung wahrgenommen und teilweise als sehr lästig empfunden. Im Projekt wurden verschiedene konventionelle und alternative Rumpelstreifen getestet. Es zeigte sich, dass nur sinusförmige Streifen in Frage kommen, wenn die Umgebung möglichst wenig beeinträchtigt werden soll. Bei einer Wellenlänge von 600 mm verursache diese im Außenbereich nur sehr geringfügige zusätzliche Geräuschemissionen.

Meleady et al. (2017) untersuchten die Wirksamkeit verschiedener Schilder als Anreiz für Autofahrende ihren Motor während des Wartens an Bahnübergängen auszuschalten. Die Ausgangssituation war ein aufgestelltes Schild mit der Aufforderung den Motor auszuschalten, um die Luftqualität zu verbessern, welches allerdings nur bei ca. 20-25% der Autofahrenden die entsprechende Handlung auslöste. In zwei Feldstudien wurden das Hervorrufen einer öffentlichen Selbstfokussierung, mittels eines Bildes von beobachtenden Augen, mit und ohne Verhaltensanweisung und einer privaten Selbstfokussierung mittels des Spruchs

„Denke an dich selbst“ getestet. Lediglich das Hervorrufen einer privaten Selbstfokussierung erwies sich als effektiv und verdoppelte das Maß der Verhaltenskonformität auf 51%.

Kramer et al. (2023) untersuchten in einer Fahrstudie, ob eine kombinierte Intervention mit informativen, spielerischen und monetären Belohnungselementen zu einer umweltbewussteren Lade- und Fahrweise animieren kann. Das Experiment fand zunächst auf dem Firmengelände eines Fahrzeugherstellers und dann im Realverkehr auf öffentlichen Straßen statt. Hierfür wurde eine App (Prototyp) entwickelt, die mit dem Display des eingesetzten Elektrofahrzeugs gekoppelt war. Die App zeigte bis zu acht Tipps zu Eco-Drive, sowie den Standort einer konventionellen und einer grünen, weiter entfernten Ladestation an, die somit eine größere Hürde darstellte. Personen in der Interventionsgruppe erhielten zusätzliche Informationen darüber, wie hoch die CO₂-Emissionen sowie das Ersparnispotential der einzelnen Tipps und der grünen Ladestation ist, und wurden gamification-basiert mit Punkten und zusätzlichen monetären Incentives für die Umsetzung belohnt. Personen in der Kontrollgruppe erhielten keine zusätzlichen Informationen. Obwohl die Intervention keinen signifikanten Effekt auf die Wahl der Ladestation hatte, wies die Interventionsgruppe eine höhere Wahrscheinlichkeit beim Aufrufen von Eco-Drive Tipps auf, was dazu beitrug, den Energieverbrauch bei einer realen Fahrt zu verringern.

Nach Moser et al. 2015 wurden Versuchsteilnehmer*innen beim Lenken eines KFZ lärmrelevante Aspekte des Eco-Drive Fahrstils im Rahmen einer Fahrerrückmeldung kommuniziert. Das empfohlene Fahrverhalten führte bei der zugehörigen Intervention in Moser et al. (2013b) im Mittel zu um 0,5 dB niedriger gemessenen Schalldruckpegeln beim Motorengeräusch im Vergleich zu der Kontrollgruppe. Dagegen kann eine sportlich-aggressive Fahrweise zu einer Erhöhung der gemessenen Schalldruckpegel um 8 dB(A) führen (siehe Calvo et al. (2012)). Auch die Untersuchungen auf Basis von Vorbeifahrtsmessungen mit unterschiedlichen Fahrmanövern in Kapitel 4.2 zeigte Differenzen zwischen zurückhaltender und lärmprovozierender Fahrweise (hochtourige Fahrweise, Beschleunigungsvorgänge) von mehreren dB.

Insgesamt zeigen die Studien bezüglich Maßnahmen zur Förderung des lärmmindernden bzw. umweltbewussten Verhaltens im Straßenverkehr, dass ein relevantes Lärminderungspotential vorhanden ist. Dabei verdeutlichen die untersuchten Interventionen, dass Aufklärung, Wissen, Informationen und Feedback-Optionen (wie in Kapitel 4.1) zwar einen positiven Effekt auf eine lärmarme Fahrweise zeigen, jedoch wird dabei auch deutlich, dass für eine nachhaltige und dauerhafte Anpassung des Fahrverhaltens temporäre Aufklärungen, punktuelle Hinweise (Hinweisschilder) oder Hinweisgeber im Fahrzeug ohne begleitende und erläuternde Informationen nicht ausreichen, um dauerhafte Anpassungen des Fahrstils zu forcieren. Darüber hinaus müssen ebenfalls Normen, Werte und persönliche Motive gestärkt werden.

Ergänzend zur Tabelle 26 und basierend auf den Ergebnissen der Befragung sowie der experimentellen Untersuchungen wurde eine Liste mit konkreten Maßnahmen für den MIV in Tabelle 27 erarbeitet, die speziell im Straßenverkehr Anwendung findet. Diverse Maßnahmen der in Tabelle 27 dargestellten Maßnahmen wurden auch von den Teilnehmenden in der Online-Befragung mehrfach vorgeschlagen (siehe Kapitel 3.3.6).

Personale Ebene	Physisch-materielle Ebene	Sozio-ökonomische Ebene	Soziokulturelle Ebene	Rechtlich-politisch-adm. Ebene
Schulungen und Aufklärung in Schulen Eco-Drive als integrativer Bestandteil der Fahrschulausbildung⁴¹ Informationskampagnen, z.B. Tag gegen Lärm, hinsichtlich lärmbewusster Fahrweise	Nutzung von leisen Fahrzeugen, leisen Reifen, leisen Abgasanlagen Interaktives Lärmdisplay im Fahrzeug (intern) Verkehrsmanagement zur Verringerung von Lärmkonflikten Einstellung von Drehzahlbegrenzern	Incentives für Verzicht auf MIV (und Nutzung von umweltfreundlichen Mobilitätsangeboten) Subventionierung lärmarmer Produkte (leise Reifen, leise Fahrzeuge) Anrechnung von externen Lärmkosten für MIV-Nutzende Darstellung der Kostenersparnis bei „lärmbewusster“ Fahrweise Besteuerung der Geräuschemission nach Zulassung (analog zur österreichischen Normverbrauchsabgabe) Zeitlich wiederkehrende Besteuerung der tatsächlich verursachten Geräuschemission bei Fahrten	Hinweisschilder bzw. Lärmdisplays gegen Lärm (extern) Lärbewusstsein steigern durch Bildung und Aufklärung Erfassung und Sichtbarkeit des Lärmfußabdrucks Verstärkte gesellschaftliche Forderungen nach und Inkaufnahme der Kosten von lärmmindernden Fahrbahndecken, Lärmschutzwänden, Verringerung der Höchstgeschwindigkeit innerorts (z.B. Tempo 30), etc.	Lärm als verbindliches Thema in Fahrschulen Zulassungsanforderungen verschärfen (Vorbeifahrtspegel, Hu-pen, Sirenen) Einführung einer Lärmplakette (vgl. mit Umweltplakette) Überwachung und Sanktionierung (Strafen) von lautem Verhalten, z.B. mit Lärmblitzern oder verstärkten Kontrollen Verbot lauter Komponenten (Auspuffanlagen) Absenken der Geschwindigkeit Fahrverbote (vor allem nachts) Lärmbezogene Aufhebung von Ausnahmen für Oldtimer Alternativen zur Entfernungspauschale zur Vermeidung von Fehlanreizen für MIV

Tabelle 27: Maßnahmen zur Förderung lärmbewussten Verhaltens im Straßenverkehr. Eine trennscharfe Unterscheidung zwischen den Ebenen und den zugeordneten Maßnahmen ist nicht möglich, da einzelne Maßnahmen auf mehreren Ebenen wirksam sein können. Die Reihenfolge der aufgelisteten Maßnahmen stellt keine Priorisierung dar.

⁴¹ Dies beinhaltet Aspekte wie gleichmäßiges und vorausschauendes Fahren, langsames beschleunigen, nieder-tourig fahren, sanftes Bremsen, frühes Hochschalten und Vermeiden von unnötigen Bremsvorgängen.

Neben Maßnahmen auf persönlicher und physisch-materieller Ebene enthält die Liste mehrere Maßnahmen, die unter anderem der sozioökonomischen Ebene zugeordnet werden können. Für den MIV umfassen diese einerseits die Subvention lärmarmen Produkte wie lärmarme Reifen (z.B. auf Basis des EU-Reifenlabels), und auf der anderen Seite die Besteuerung eines Fahrzeuges beim Kauf auf Basis einer durchschnittlichen Lärmemissionsangabe bei der Fahrt. Diese Besteuerung könnte zum Beispiel angelehnt an die unter anderem CO₂-emissionsabhängige Normverbrauchsabgabe (NoVA) in Österreich erfolgen, die einmalig bei der Neuanschaffung eines Kraftfahrzeuges zu entrichten ist. Mit einem signifikant höheren und technischen Aufwand wäre es auch möglich, einer zeitlich wiederkehrenden Steuerabgabe auf der Grundlage einer geschätzten akkumulierten Schallemission, die durch tatsächlich angefallene Fahrten entstanden ist, einzuführen. Die Abschätzung und Akkumulierung der Schallemission könnte anhand eines einfachen Schallemissionsmodells durchgeführt werden, wie es im Fahrversuch dieses Forschungsvorhabens angewandt wurde (siehe Kapitel 4.1). Die dafür notwendigen Berechnungen könnten im jeweiligen Fahrzeug stattfinden, und von den aktuellen Fahrparametern (z.B. Geschwindigkeit, Beschleunigung, Motordrehzahl) abhängen. Eine als Intervention erprobte Maßnahme, die in Tabelle 27 der sozio-kulturellen Ebene zugeordnet wurde, stellen externe statische Hinweisgeber oder adaptive Lärm-Displays dar, die am Straßenrand platziert werden und freiwillige Verhaltensanpassungen forcieren. Insbesondere die Wirksamkeit eines Lärm-Displays konnte innerhalb umfangreicher Untersuchungen in Heusser & Heutschi (2022) für den Aufstellzeitraum klar nachgewiesen werden.

Auch Maßnahmen zur Förderung von Anreizen für lärmbewusste Verhaltensweisen einschließlich Kaufverhalten erscheinen geeignet (vgl. Moser et al., 2013a). Hier sind verschiedene Incentives denkbar, wie Anreize zur verstärkten Nutzung von umweltfreundlichen Mobilitätsangeboten, die Subventionierung lärmarmen Produkte oder aber auch Sanktionierungen, z.B. durch eine Umlage von externen Lärmkosten des MIV auf die MIV-Nutzenden (z.B. die Kosten für die Schaffung und den Erhalt von Straßeninfrastruktur und Parkraum oder auch die durch Straßenverkehrslärm verursachten Krankheitskosten).

5.3 Verhaltensbezogene Lärmkonflikte im Bereich weiterer Verkehrsträger

Die wesentlichen Aspekte von Tabelle 26 und der vorgeschlagenen Maßnahmen betreffen nicht nur den Straßenverkehr, sondern sind auch punktuell für andere Verkehrsträger, wie den Schienenverkehr und den Verkehr auf Wasserwegen, relevant. Im Rahmen von zwei gesonderten Fachgesprächen wurde das grundsätzliche verhaltensbedingte Potential zur Reduzierung von Verkehrslärm auch für die Verkehrsträger Schiene und Wasser diskutiert⁴². Vielfach wurde dabei deutlich, dass Möglichkeiten vornehmlich auf der rechtlich-politisch-administrativen Ebene oder der physisch-materiellen Ebene möglich sind, jedoch im Gegensatz zum motorisierten Individualverkehr Möglichkeiten zur gezielten verhaltensbedingten Reduktion von Lärm nur begrenzt vorhanden zu sein scheinen.

⁴² Die Thematik der Verminderung von Lärm durch freiwillige Verhaltensänderungen wurde im Bereich Schienen- und Wasserwege im Rahmen von Gesprächen mit Fachpersonen aus dem Eisenbahn Bundesamt, dem Deutschen Zentrum für Schienenforschung, der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes und der Bundesanstalt für Gewässerkunde diskutiert.

Im Bereich des Schienenverkehrs könnte man vornehmlich Lärminderung durch technisch-organisatorische Maßnahmen erzielen, z.B. durch vorausschauende Planung von Fahrdienstleitenden um lärmsensible Bereiche zu entlasten, bei der Vermeidung von ungesicherten Übergängen, durch die verbesserte Beladung von Güterwagen zur Vermeidung von Klappern oder Leerfahrten, durch stärkere Bemühungen zur Instandhaltung der Fahrzeuge (Bremsen, Räder) und der Schiene unterstützt durch häufigere Kontroll- und Reparaturintervalle. Im Bereich der Betriebsführung finden zum Beispiel laut Geschäftsbericht der österreichischen Bundesbahnen (ÖBB-Holding AG 2023) gezielte Schulungen und Informationsweitergabe an Mitarbeitende statt, um Lärmschutzanweisungen für den Verschub bzw. den Betrieb umzusetzen.

Das Wissen zur Vermeidung von vermeidbarem Lärm sollte bei Triebfahrzeugführenden grundsätzlich durch die Ausbildung vorhanden sein, Lärmvermeidung hat jedoch nicht die höchste Priorität, sondern spielt im Vergleich zu Kosten, Sicherheit oder Pünktlichkeit nur eine untergeordnete Rolle.

Auch beim Wasserverkehr erscheinen in der Berufsschiffahrt durch angepasstes Verhalten einer Lärminderung enge Grenzen gesetzt. Sind die Themen ökologisches und ökonomisches Fahren grundsätzlich Bestandteil der Ausbildung, erscheinen die Möglichkeiten zur Lärmreduktion im normalen Fahrbetrieb begrenzt. Hier wirken sich tendenziell technisch-organisatorische Maßnahmen lärmmindernd aus, wie die Nutzung von Hydraulikstelzen zur Vermeidung von Kettenrasseln oder eine Stromversorgung über Land zur Vermeidung der Nutzung von Generatoren.

Dagegen birgt die Freizeitschiffahrt durchaus Potential zur Lärminderung durch lärmbewusstes Verhalten, da aufgrund des Individualverkehrs Verhaltensaspekte bei Wasserstraßennutzenden eine größere Rolle spielen. Dort sind vielfältige Lärmkonflikte zu beobachten, möglicherweise auch eine stärkere Sensibilisierung der Bevölkerung bedingt, die häufig durch wenig lärmsensitives Verhalten (Musik, leistungsstarke Motoren, Manipulationen am Fahrzeug) hervorgerufen werden.⁴³ Neben der Aufklärung und Stärkung des Lärmbewusstseins durch Informationen, werden vornehmlich Maßnahmen auf der rechtlich-politisch-administrativen Ebene als notwendig gesehen. Lärmprovozierendes Verhalten müsse durch Ordnungsbehörden mit Bußgeldern geahndet werden, Zuständigkeiten für Lärmkontrollen müssten klarer geregelt werden und zusätzlich könnten verschärfte Verkehrsregeln eingeführt werden. Dabei müssen aber nicht unbedingt Richtlinien und Regeln verschärft werden, sondern vielmehr müssten die Ordnungsbehörden die bestehenden Vorgaben kontrollieren bzw. Verletzungen von Regelungen konsequent ahnden.

⁴³ Initiativen Gegen Lärm auf dem Wasser, z.B. Initiative Gewässer-Lärmschutz (<https://www.igel-berlin.de/> abgerufen am 19.07.2024) verdeutlichen die Relevanz des Themas. Dort werden unmittelbar folgende Lärmquellen benannt: Motor- und Speedboote, Wassermotorräder, Partyflöße, Veranstaltungsboote und Fahrgastschiffe, Events am Wasser.

6 Schlussfolgerungen und Ausblick

6.1 Schlussfolgerungen

Das übergeordnete Ziel des Forschungsvorhabens war es, das Potenzial von verhaltensbezogenen Lärminderungsmaßnahmen in der Praxis zu untersuchen und zu ermitteln, ob und wie das bislang verfügbare Maßnahmenpektrum durch zusätzliche Maßnahmen erweitert bzw. konkretisiert werden kann. Dieser Maßnahmenkatalog soll als Orientierungshilfe zur Anwendung verhaltensbezogener Lärminderungsmaßnahmen dienen.

Zur Untersuchung des Potentials zur Minderung von Straßenverkehrslärm durch lärmbewusstes Verhalten wurden eine explorative Befragung sowie experimentelle Untersuchungen im Realverkehr und ein Hörexperiment realisiert.

Die umfangreiche Online-Befragung mit über 400 teilnehmenden Personen lieferte zahlreiche Beobachtungen, die Rückschlüsse auf lärmbewusste Verhaltensweisen und deren Einflussfaktoren erlauben. Dabei war zu beobachten, dass viele aus der Literatur bekannte Zusammenhänge ebenfalls mit den Daten aus der Befragung ermittelt wurden (z.B. Lärmbelästigung durch wesentliche Lärmquellen, Zusammenhang zwischen Lärmbelästigung und Lärmempfindlichkeit, Zusammenhang zwischen Lärmbelästigung und Zugang zu Grünflächen, etc.), was auf eine gute Aussagekraft und Validität der Daten hindeutet.

Die Befragung zeigte, dass das Konstrukt „lärmbewusstes Verhalten“, das mit mehreren Fragen zu Verhaltensweisen im Alltag mit Geräuschbezug ermittelt wurde, grundsätzlich operationalisierbar und damit messbar ist. Bei der Messung des Konstrukts „lärmbewusstes Verhalten“ zeigten sich in den Daten diverse Zusammenhänge mit anderen Variablen, wie dem Alter oder dem Bildungsgrad. Die Daten legen nahe, dass das Konstrukt „lärmbewusstes Verhalten“ mit diversen anderen Faktoren und Konstrukten zusammenhängt, wie Verantwortungsübernahme, Problembewusstsein, Werteorientierung, Kaufverhalten oder die Fahrweise im motorisierten Individualverkehr. Auch die eigene berichtete Lärmbelästigung korrelierte mit dem individuellen Wert des lärmbewussten Verhaltens. Möglicherweise wirkt sich eine Geräuschexposition auch auf das individuelle lärmbezogene Verhalten aus.

Ferner zeigte sich zwar bei altruistisch und biosphärisch aufgeladenen Umweltaussagen eine höhere Zustimmung, gleichzeitig aber auch bei egoistischen Werteorientierungen, wodurch Umweltschutz zwar befürwortet, häufig aber nur bei persönlichem Nutzen tatsächlich betrieben wird. Hier lassen sich Parallelen zu lärmbewussten Verhaltensweisen ziehen. Vermutlich wird lärmbewusstes Verhalten nur dann etabliert, wenn daraus ein persönlicher Vorteil entsteht, z.B. der Erwerb von lärmarmen Haushaltsgeräten zur eigenen Komfortsteigerung oder bei besonderen Kaufanreizen für lärmarme Produkte. Es wurde ferner beobachtet, dass die persönliche Verantwortungsübernahme zur Vermeidung von Straßenverkehrslärm wenig ausgeprägt war, selbst wenn die Mehrheit der Befragten das Problem Lärm als relevant einschätzte. Es zeigte sich außerdem, dass MIV-Vielfahrende weniger für die Umsetzung von Maßnahmen zur Minderung von Straßenverkehrslärm stimmten.

Bezüglich einer ökologischen Fahrweise (auch Eco-Drive genannt) war mehrheitlich eine fehlende Kenntnis des Begriffs festzustellen, auch wenn durchaus viele Elemente ökologischer Fahrweisen regelmäßig von den Befragten laut Selbstauskunft genutzt werden. Jedoch wurde offensichtlich, dass eine ökologische und ökonomische Fahrweise weniger aus Gründen der Lärminderung und Lärmentlastung der Umwelt betrieben wird, sondern vornehmlich, um Kraftstoff zu sparen, was unmittelbare monetäre Vorteile bietet.

Auf Basis von experimentellen Untersuchungen in Feldversuchen wurden weitere Erkenntnisse zu möglichen Auswirkungen von Interventionen auf das Lärmverhalten im Straßenverkehr generiert. Hierbei wurden in einem Realversuch im Fließverkehr die möglichen Einflüsse von Hinweisgebern auf die aktive Selbstregulierung von Kraftfahrzeugfahrenden untersucht. Die Hinweisgeber wurden extern wie intern in Form eines statischen ortsfesten Hinweisgebers sowie eines interaktiven visuellen Feedback-Systems - im Fahrzeug adaptiv durch aktuelle Fahrzeugparameter gesteuert - realisiert. Die teilnehmenden Versuchspersonen wurden bewusst bezüglich der Interventionen nicht vollständig informiert, d.h. sie wurden nicht über den eigentlichen Untersuchungsgegenstand (hier die Beeinflussung der Fahrweise durch verschiedene Hinweisgeber) aufgeklärt.

Die Ergebnisse aus den Fahrversuchen zeigten keine statistisch signifikanten Effekte der Hinweisgeberarten zwischen der Kontroll- und der Experimentalgruppe. Der statische externe Hinweisgeber zeigte jedoch einen Trend zur Lärminderung (niedrigere Geschwindigkeiten sowie geringere Drehzahlen) im unmittelbaren Umfeld des Schildes, was im Kontext der Nutzung von interaktiven fahrzeugexternen Lärm-Displays mit adaptiver Anzeige durch umfangreiche statistische Analysen mit einer mittleren Pegelreduktion von 0,5 bis 1,0 dB auch belegt wurde (Heusser & Heutschi, 2022). Externe Hinweisgeber in Form von Schildern gekoppelt mit interaktivem Feedback über Geräuschemissionen können somit lärmarmes Fahrverhalten, zumindest am Aufstellort, fördern. Dagegen wurde keine eindeutige systematische Stärkung des lärmbewussten Fahrverhaltens im Straßenverkehr durch den fahrzeuginternen digitalen Informationsgeber zur fahrbedingten Lärmemission beobachtet. Hierbei zeigte sich, dass für die tatsächliche Wirkung von Informationsgebern auf Verhalten ein erklärender inhaltlicher Bezugsrahmen geschaffen werden muss. Eine Maßnahme ohne inhaltliche Einbettung, wie hier im Rahmen der Versuchsfahrten umgesetzt, da die teilnehmenden Personen nicht über die Motivation des Hinweisgebers informiert wurden, zeigt damit keine nennenswerte Wirkung.

Als weitere akustische Maßnahmenbewertung wurden kontrollierte Vorbeifahrtsmessungen mit den im Feldversuch verwendeten Testfahrzeugen (BMW X3, Cupra Born) durchgeführt. Es bestätigte sich das grundsätzliche Lärminderungspotential bei ausgewählten Verhaltens- und Fahrweisen. Beispielsweise reduzierte sich der Vorbeifahrtspegel beim Fahrzeug mit Verbrennungsmotor um einige dB allein durch das frühe Hochschalten und der damit verbundenen Reduzierung der Drehzahl. Erwartungsgemäß zeigten sich auch Unterschiede im Vorbeifahrtspegel zwischen Vorbeifahrten mit konstanter Geschwindigkeit gegenüber beschleunigten Vorbeifahrten. Beim Elektrofahrzeug zeigten sich dagegen geringere fahrmanöverabhängige Unterschiede im Vorbeifahrtspegel.

Basierend auf einem Hörversuch im Mixed-Reality-Lab der Universität der Künste Berlin wurde die perzeptive Wirkung der in den Vorbeifahrtsmessungen implizit enthaltenen lärmprovozierenden Verhaltens- und Fahrweisen näher untersucht. Wie in Müller et al. (2021) gefordert, gilt es die Belästigungswirkung bei auffälligen Geräuscheignissen, die temporäre Pegelspitzen verursachen, zielgerichtet in Hörversuche zu ermitteln. Die dargebotenen Geräusche, einzelne Vorbeifahrten sowie komplexe Straßenverkehrsszenen mit einer Dauer

von 40 Sekunden, wurden hinsichtlich 8 verschiedener Aspekte, die als Repräsentanten für wesentliche Wahrnehmungsdimensionen von Straßenverkehrslärm angesehen wurden, bewertet (vgl. Schweidler et al., 2024).

Es zeigte sich, dass die auffälligen Einzelereignisse, die teilweise lärmprovozierende Verhaltensweisen im Straßenverkehr widerspiegeln (Hupen, Kavaliertstart, laute Motorradvorbeifahrten, Beschleunigungsvorgänge), eine erhöhte Störwirkung verursachen. Die salienten Geräuschereignisse wirkten sich auf die mehrdimensionale Wahrnehmung und Bewertung der Geräusche aus. So zeigte sich beispielsweise ein erhöhtes Störpotential bei beschleunigten Vorbeifahrten im Vergleich zu Konstantfahrten unabhängig von der Antriebsart, sofern der Mittelungspegel als Bewertungsgröße herangezogen wird. Auch bei der Betrachtung von komplexen urbanen Straßenverkehrsgeräuschen zeigte sich, dass durch temporäre auffällige Einzelereignisse sich eine pegeläquivalente erhöhte Störwirkung in einer Größenordnung von 3 bis 4 dB einstellte. Auf Basis der Hörversuchsergebnisse könnte man das Potential zur Minderung der Lärmbelastung bei häufiger Vermeidung von auffälligen Einzelereignissen, wie lärmprovozierende Fahrweisen, in einer Größenordnung von 3 dB ansetzen.

Auf Basis der empirischen und messtechnischen Ergebnisse in Verbindung mit einer systematischen Literaturstudie wurde ein Maßnahmenkatalog aufgestellt, der konkrete Möglichkeiten der Förderung von lärmbewusstem Verhalten im motorisierten Individualverkehr auflistet. Dabei lassen sich nach dem Modell von Moser et al. (2013) Maßnahmen auf verschiedenen Ebenen identifizieren, die neben der personalen Ebene, die physisch-materielle, die sozio-ökonomische, die soziokulturelle sowie die rechtlich-politisch-administrative Ebene umfassen. Hierbei zeigte sich auch im Rahmen der Befragung, bei denen sich die Befragten zu Möglichkeiten der Förderung lärmbewusster Verhaltensweisen per Freitexteingabe vielfach äußerten, dass Maßnahmen auf mehreren Ebenen erforderlich sind. Neben Maßnahmen auf der sozio-ökonomischen Ebene, wodurch (monetäre) Anreize für lärmbewussteres Verhalten geschaffen werden, wurden vor allem auch Maßnahmen auf der rechtlich-politisch-administrativen Ebene vorgeschlagen, wie die Ahndung von Lärmverstößen, das Verbot lauter Komponenten oder die Verschärfung von Zulassungsanforderungen. Der klare Bezug zur rechtlich-politisch-administrativen Ebene verdeutlicht, die mitunter geringfügig ausgeprägte persönliche Verantwortungsübernahme und der Wunsch nach einer übergeordneten gesellschaftlichen Regelung von Lärmkonflikten.

Die wesentlichen Aspekte der vorgeschlagenen Maßnahmen betreffen nicht nur den Straßenverkehr, sondern sind auch punktuell für andere Verkehrsträger, wie den Schienenverkehr und den Verkehr auf Wasserwegen, geeignet. Im Rahmen von Fachgesprächen wurde das grundsätzliche verhaltensbedingte Potential zur Reduzierung von Verkehrslärm auch für weitere Verkehrsträger diskutiert.

6.2 Ausblick

Die im Katalog aufgeführten Maßnahmen müssen hinsichtlich deren Wirksamkeit und Effektivität zur nachhaltigen Lärminderung in weiteren Studien systematisch evaluiert werden, um zielgerichtete Strategien entwickeln zu können.

Zudem kann das Erhebungsinstrument "lärmbewusstes Verhalten" hinsichtlich Re-Test-Reliabilität untersucht und validiert werden und so für zukünftige Messung der Wirkung von Interventionsmaßnahmen in Anwendung gebracht werden.

Auch eine nähere Untersuchung der psychoakustischen Aspekte bezüglich der durch Maßnahmen erzielten Verringerung der Anzahl lauter Ereignisse im Straßenverkehr scheint geboten. Etablierte Prognosemodelle zur Relevanz von lauten Einzelereignissen für extra-aurale Lärmwirkungen sind nicht vorhanden. Wie wirken sich Maßnahmen, die die Anzahl an vermeidbaren lauten Ereignissen bzw. lärmprovozierender Fahrweisen im Straßenverkehr nachhaltig reduzieren, konkret auf die Lärmbelästigung aus?

Hinsichtlich des Einsatzes eines fahrzeuginternen Lärmverhaltens-Display zeigten die Untersuchungen für ein prototypisches System keinen statistisch signifikanten Einfluss auf das Fahrverhalten – es stellt sich jedoch die Frage, ob ein ausgereifteres System bei längerem Einsatz innerhalb einer größeren Versuchsgruppe einen positiven Einfluss auf lärmbedingtes Fahrverhalten haben könnte.

Für den Verkehrsträger Schiene könnten in tiefgreifenderen Analysen von Abläufen im Bereich der Infrastruktur als auch im Bereich des Fahrverhaltens mit Schienenfahrzeugen mögliche Lärminderungspotentiale untersucht werden.

Im Bereich der Freizeitschiffahrt ließe sich das Potential zur Lärminderung durch Aufklärung und Informationskampagnen sowie durch verstärkte Kontrollen und der Ahndung von lärmbezogenen Verstößen näher untersuchen.

Literatur

ADAC Allgemeine Deutsche Automobil-Club e. V. (2024): Motorrad: Schilder gegen Lärm: www.adac.de/motorradschilder, abgerufen am 11.04.2024

Ajzen, I. (1991): The theory of planned behavior. *Organizational behavior and human decision processes*, 50(2):179-211

BAFU. (2012): Der Einfluss des Reifens auf die Lärmbelastung des Straßenverkehrs. Ittigen: Bundesamt für Umwelt (BAFU). Abt. Lärmbekämpfung und NIS

Balderjahn, I. (1990): Lärmbewusstes Konsumverhalten. Theoretische und empirische Aspekte, *Zeitschrift für Lärmbekämpfung* 37, Springer Verlag, 129-134

Bamberg, S. (2013): Changing environmentally harmful behaviors: A stage model of selfregulated behavioral change. *Journal of Environmental Psychology*, 34, 151-159

Bamberg, S., Fujii, S., Friman, M. & Gärling, T. (2011): Behaviour theory and soft transport policy measures. *Transport Policy*, 18(1), 228-235

Bandura, A. (1982): Self-efficacy mechanism in human agency. *American psychologist*, 37(2), 122-147

Barth, M., Jugert, P. & Fritsche, I. (2016): Still underdetected – Social norms and collective efficacy predict the acceptance of electric vehicles in Germany, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Volume 37, 64-77

Belz, J., Follmer, R., Hölscher, J., Stieß, I., Sunderer, G. & Birzle-Harder, B. (2022). Umweltbewusstsein in Deutschland 2020. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV), Berlin

Bendtsen, H., Volk, C.P., Holm Pedersen, T., Eggers, S. & Gjestland, T. (2022). Factors moderating people's subjective reactions to road noise, *DAGA 2022, Tagungsband*, Stuttgart, 1307-1309

Blankenberg, A. & Alhusen, H. (2019): On the determinants of pro-environmental behavior: A literature review and guide for the empirical economist (February 21, 2019). Center for European, Governance, and Economic Development Research (CEGE), Number 350

Bortz, J. (2005). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. 6. Auflage, Springer Medizin Verlag, Heidelberg

Bradley, M.M. & Lang, P.J. (1994). Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*. 25 (1): 49–59. doi:10.1016/0005-7916(94)90063-9

Bühlmann, E. & Egger, S. (2017): Assessing the noise reduction potential of speed limit 30 km/h, *Proceedings of the 46th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (Inter-Noise)*, Hong Kong, China

Calvo, J.A., Álvarez-Caldas, C., San Romána, J.L. & Cobob, P. (2012): Influence of vehicle driving parameters on the noise caused by passenger cars in urban traffic, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 17 (7), 509-513

- Carpentier, T. & Cornuau, C. (2016). Panoramix. Station de mixage et post-production 3D. Proc. Of the Journées d'Informatique Musicale (JIM), Albi, Frankreich, 162-169
- Carrus, G., Passafaro, P., & Bonnes, M. (2008). Emotions, habits and rational choices in ecological behaviours: The case of recycling and use of public transportation. *Journal of environmental psychology*, 28(1):51–62
- CNOSSOS-EU (2015). Commission Directive (EU) 2015/996 of 19 May 2015 - Establishing common noise assessment methods according to directive 2002 / 49 / EC of the European Parliament and of the Council. Official Journal of the European Union
- Cortina, J. M. (1993). What is coefficient alpha? An examination of theory and applications. *Journal of Applied Psychology*, 78(1), 98–104. doi:10.1037/0021-9010.78.1.98
- Cucurachi, S., Schiess, S., Froemelt, A. & Hellweg, S. (2019): Noise footprint from personal land-based mobility. *Journal of Industrial Ecology*, 23(5), 1028-1038
- Czuka, M., Conter, M., Fiebig, A., Moshona, C.C., Chudalla, M. & Strigari, F. (2024). Untersuchung des Einflusses von Hinweisgebern auf lärmbewusstes Fahrverhalten im Straßenverkehr. DAGA 2024, Tagungsband, Hannover, 154-157
- Czuka, M., Pallas, M.-A., Morgan, P. & Conter, M. (2016): Impact of potential and dedicated tyres of electric vehicles on the tyre-road noise and connection to the EU noise label. *Transportation Research Procedia*, (16): 2678-2687
- Diekmann, A. & Meyer, R. (2008): Der Schweizer Umweltsurvey 2007. Dokumentation und Codebuch. Zürich: ETH Zürich
- Diekmann, A., Meyer, R., Mühlemann, C. & Diem, A. (2009): Schweizer Umweltsurvey 2007. Analysen und Ergebnisse. Bericht für das Bundesamt für Statistik (BFS) und das Bundesamt für Umwelt (BAFU). Zürich: ETH Zürich
- Diekmann, A. & Preisendörfer, P. (1992): Persönliches Umweltverhalten: Die Diskrepanz zwischen Anspruch und Wirklichkeit. *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie*, 44, 226–251
- Ellermeier, W., Eigenstetter, M. & Zimmer, K. (2001). Psychoacoustic correlates of individual noise sensitivity. *Journal of the Acoustical Society of America*, 109, 1464-1473
- Famos (2022). Factors Moderating people's subjective reactions to noise, Forschungsprojekt, <https://famos-study.eu/>, abgerufen am 23.03.2024
- Farrow, K., Grolleau, G. & Ibanez, L. (2017). Social norms and pro-environmental behavior: a review of the evidence. *Ecological Economics*, 140:1–13
- Fastl, H. (1991). Beurteilung und Messung der äquivalenten Dauerlautheit, *Zeitschrift für Lärmbekämpfung* 38, Springer-Verlag, 98-103
- Ferrara, I. & Missios, P. (2005). Recycling and waste diversion effectiveness: Evidence from Canada. *Environmental and Resource Economics*, 30(2):221–238
- Fiebig, A., Chudalla, M., Oehme, A., Schuck, M., Schweidler, P., Strigari, F. & Weinzierl, S. (2024). Wahrnehmungsbezogene Evaluierung von innovativen Lärmschutzmaßnahmen in audiovisueller Umgebung, DAGA 2024, Tagungsband, Hannover, 170-173
- Fiebig, A., Ackermann, D., Böhm, S., Chudalla, M., Karakantas, A., Oehme, A., Pourpart, S., Schuck, M., Strigari, F., Weinzierl, S. (2022). Attribute zur gesamtheitlichen Charakteri-

sierung der Wahrnehmung von Straßenverkehrsgläuschen, DAGA 2022, Tagungsband, Stuttgart, 500-503

Fiebig, A. & Sottek, R. (2015). Contribution of peak events to overall loudness, *Acta Acustica united with Acustica*, Vol. 101 (6), 1116-1129

Fielding, K. S. & Hornsey, M. J. (2016): A social identity analysis of climate change and environmental attitudes and behaviors: Insights and opportunities. *Frontiers in Psychology*, 7

Fischer, M., Moser, S., Lauper, E., Hammer, T. & Kaufmann-Hayoz, R. (2013a): Lärmbelästigung, -verursachung und -vermeidung: Untersuchung psychologischer Faktoren mit repräsentativen Daten. Arbeitspapiere aus der IKAÖ, Nr. 9, Universität Bern

Fischer, M., Moser, S., Lauper, E., Hammer, T. & Kaufmann-Hayoz, R. (2013b): Psychologische Maßnahmen zur Lärmbekämpfung Förderung eines leisen Fahrstils und der Bereitschaft zur Lärmvermeidung. Arbeitspapiere aus der IKAÖ, Nr. 11, Universität Bern

Fischer, M., Moser, S. & Hammer, T. (2014): Ansatzpunkte und psychologische Interventionsmaßnahmen zur Verminderung von Geräte- und Maschinenlärm. Arbeitspapiere aus der IKAÖ, Nr. 12

Gidlöf-Gunnarsson, A. & Öhrström, E. (2007). Noise and well-being in urban residential environments: The potential role of perceived availability to nearby green areas, *Landscape and Urban Planning*, Vol. 83 (2-3), 115-126

Geller, E. S., Winett, R. A. & Everett, P. B. (1982): Preserving the environment: New strategies for behavior change. Elmsford, NY: Pergamon

Gifford, R. (2011): The dragons of inaction: Psychological barriers that limit climate change mitigation and adaptation. *American Psychologist*, 66, 290–302

Gifford, R. & Nilsson, A. (2014): Personal and social factors that influence pro-environmental concern and behavior: A review. *International Journal of Psychology*, 49(3), 141-157

Georgiou, F., Kawai, C., Schäffer, B., Pieren, R. (2024). Replicating outdoor environments using VR and ambisonics: a methodology for accurate audio-visual recording, processing and reproduction. *Virtual Real.* 2024;28(2):111. doi: 10.1007/s10055-024-01003-1. Epub 2024 May 17. PMID: 38765056; PMCID: PMC11098739.

Hammer, E., Egger, S., Saurer, T. & Bühlmann, E. (2016). Road traffic noise emission modeling at lower speeds. *Proceedings of the 23rd International Congress on Sound and Vibration*, Tagungsband, Athen, Griechenland

Heusser, A. & Heutschi, K. (2022): Lärmdisplay – Lärmwirkung Metaanalyse 2022, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bericht-Nr. 5214.029297

Hines, J. M., Hungerford, H. R. & Tomera, A. N. (1987). Analysis and synthesis of research on responsible environmental behavior: A meta-analysis. *The Journal of environmental education*, 18(2): 1–8

Hornung, D. & Röthlisberger, T. (2003). Evaluation der Wirkung des Eco-Trainings im Rahmen der Neulenker/innen-Ausbildung, *Hornung Wirtschafts- und Sozialstudien im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE)*, Bern

Huijssen, J., Fiala, P., Hallez, R. & Desmet, W. (2010). Simulation of pass-by noise of automotive vehicles in the mid-frequency range using fast multipole BEM. *Proceedings of the 24th International Conference on Noise and Vibration Engineering (ISMA2010) and the 3rd International Conference on Uncertainty in Structural Dynamics (USD2010)*, 2331–2350

Hunter, L. M., Hatch, A., & Johnson, A. (2004): Crossnational gender variation in environmental behaviors. *Social science quarterly*, 85(3): 677–694

Ipsos (2020). Was sind Ihrer Meinung nach die wichtigsten Umweltthemen, denen Ihre Heimat gegenübersteht? Welchen Umweltthemen sollte Ihrer Meinung nach also die größte Aufmerksamkeit durch Ihre Regierung zuteilwerden? [Graph]. 19.04.2020, In Statista. Zugriff am 28. November 2023, von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/865202/umfrage/umfrage-zu-den-wichtigsten-umweltthemen-weltweit/>

Johnson, C. Y., Bowker, J. M. & Cordell, H. K. (2004). Ethnic variation in environmental belief and behavior: An examination of the new ecological paradigm in a social psychological context. *Environment and behavior*, 36(2):157-186

Kasess, C., Maly, T., Kluger-Eigl, W., Demmelmayr, E., Waubke, H., Ostermann, N. & Blab, R. (2017): Abschlussbericht Projekt "Lärmarme Rumpelstreifen" (LARS), Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Keller, L., Gollwitzer, P. & Sheeran, P. (2020): Changing Behavior Using the Model of Action Phases. In M. Hagger, L. Cameron, K. Hamilton, N. Hankonen, & T. Lintunen (Eds.), *The Handbook of Behavior Change* (Cambridge Handbooks in Psychology, 77-88). Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/9781108677318.006

Kramer, J. & Petzoldt, T. (2022): The role of self-concordance for self-reported strategic, tactical and operational eco-driving, *Transportation Research Part F: Psychology and Behavior*, 84, 83-98

Kramer, J., Riza, L. & Petzoldt, T. (2023): Carbon savings, fun, and money: The effectiveness of multiple motives for eco-driving and green charging with electric vehicles in Germany, *Energy Research & Social Science*, 99, 103054

Kollmuss, A. & Agyeman, J. (2002): Mind the gap: why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? *Environmental education research*, 8(3), 239–260

Kuckartz, U., Rädiker, S., Ebert, T., Schehl, J. (2013). Korrelation: Zusammenhänge identifizieren. In: *Statistik. VS Verlag für Sozialwissenschaften*, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-531-19890-3_9

Lauper, E., Moser, S., Fischer, M. & Matthias, E. (2016). Explaining Car Drivers' Intention to Prevent Road-Traffic Noise: An Application of the Norm Activation Model, *Environment and Behavior*, 48(6), 826–853

Lauper, E., Moser, S., Fischer, M., Matthies, E. & Kaufmann-Hayoz, R. (2015): Psychological predictors of eco-driving: A longitudinal study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 33, 27-37

Le Masurier, P. Bates, J., Taylor, J., Flindell, I., Humpheson, D., Pownall, C. & Woolley, A. (2007). Attitudes to noise from aviation sources in England (ANASE): Final Report for Department for Transport, Colegate, Norwich

Lindenberg, S. & Steg, L. (2007): Normative, gain and hedonic goal frames guiding environmental behavior, *Journal of Social Issues*, 63, 117-137

Longhi, S. (2013): Individual pro-environmental behaviour in the household context. Technical report, ISER Working Paper Series

Marti, H. (1998): Ruhig fahren ist nicht schwer. In *Cercle Bruit Schweiz* (Ed.), *Lärm* (pp. 66-67). Luzern: Cercle Bruit Schweiz

- Mayer, F. S. & Frantz, C. M. (2004): The connectedness to nature scale: A measure of individuals feeling in community with nature. *Journal of environmental psychology*, 24(4):503–515
- Meleady, R., Abrams, D., Van de Vyver, J., Hothrow, T., Mahmood, L., Player, A., Lamont, R. & Leite, A.C. (2017): Surveillance or Self-Surveillance? Behavioral Cues Can Increase the Rate of Drivers' Pro-Environmental Behavior at a Long Wait Stop. *Environmental Behavior*, 49(10), 1156-1172
- Moshona, C.C., Fiebig, A., Czuka, M., Conter, M., Strigari, F. & Chudalla, M. (2024). Untersuchungen zum Lärmbewusstsein und Lärmverhalten im Individualverkehr, DAGA 2024, Tagungsband, Hannover, 181-814
- Moser, S. Fischer, M., Lauper, E., Hammer, T. & Kaufmann-Hayoz, R. (2013a): Vermeiden von Umweltlärm ein Phasenmodell individueller Handlungsänderung. Arbeitspapiere aus der IKAÖ, Nr. 8, Universität Bern
- Moser, S. Fischer, M., Lauper, E., Schaad, A., Hammer, T. & Kaufmann-Hayoz, R. (2013b): Individuelle Verursachung und Vermeidung von Straßenlärm. Ein empirischer Test eines Phasenmodells an den Beispielen Fahrstil und Kauf. Arbeitspapiere aus der IKAÖ, Nr. 10, Universität Bern
- Moser, S., Fischer, M., Lauper, E., Hammer, T. & Kaufmann-Hayoz, R. (2015): Mit Eco-Drive gegen Straßenlärm. Evaluation eines Interventionsprogramms zur Förderung eines leisen Fahrstils. CDE Working Paper 2. Bern, Schweiz: Centre for Development and Environment (CDE) and Bern Open Publishing (BOP). DOI: 10.7892/boris.66913
- Müller, S., Huth, C. & Liepert, M. (2021). Zusammenhang reduzierter Geräuschgrenzwerte mit den in-use Geräuschemissionen bei unterschiedlichen Verkehrssituationen, BAST-Bericht V 346
- Otto, S. & Kaiser, F. G. (2014). Ecological behavior across the lifespan: Why environmentalism increases as people grow older. *Journal of Environmental Psychology*, 40:331-338
- ÖBB-Holding AG (2023). Geschäftsbericht 2023.
- Pieren, R. & Bütler, T. (2015). Auralization of Accelerating Passenger Cars Using Spectral Modeling Synthesis, *Journal of Applied Sciences*, 6(1), 5
- Prochaska, J.O. & Velicer & W.F. (1997): The Transtheoretical Model of Health Behavior Change. *American Journal of Health Promotion*. 12(1):38-48. <https://doi.org/10.4278/0890-1171-12.1.38>
- Röösli, M., Wunderlich, J.M., Brink, M., Cajochene, C. & Probst-Hensch, N. (2019). Die SiRENE-Studie. *Swiss Medical Forum. Schweizerisches Medizin-Forum*, 5–6:77–82
- Rohrmann, B. (1978). Empirische Studien zur Entwicklung von Antwortskalen. In *Zeitschrift für Sozialpsychologie*, 9, S. 222-245
- Rosseel, Y. (2012). lavaan: An R Package for Structural Equation Modeling. *Journal of Statistical Software*, 48(1), 1–36. doi: 10.18637/jss.v048.i02
- Rotter, J.B. (1966): Generalized expectancies for internal versus external control of reinforcement. In: *Psychological Monographs*. 33(1), 300–303
- Rubik, F., Müller, R., Harnisch, R., Holzhauer, B., Schipperges, M. & Geiger, S. (2019). Umweltbewusstsein in Deutschland 2018. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), Berlin

- Sandberg, U.Ejsmont, J. (2002). Tyre/road noise reference book. Informex, Kisa, Schweden
- Scherhorn, G., Haas, H., Hellenthal, F. & Seibold, S. (1999). Sozialverträglichkeit. Zusammenstellung sozialwissenschaftlicher Items und Skalen (ZIS). <https://doi.org/10.6102/zis196>
- Schreckenberger, D., Kroh, M. & Popp, C. (2024). Meinungen zum Umgebungslärm in der ALD-Lärmumfrage 2023. DAGA 2024, Tagungsband, Hannover, 162-165
- Schreckenberger, D., Kroh, M. & Popp, M. (2023). ALD-Lärmumfrage 2023. Ansichten zum Schutz vor Umgebungslärm, Akustik Journal. 2023;3/23. 21-33
- Schwarzer, R. (2008): Modeling health behavior change: How to predict and modify the adoption and maintenance of health behaviors. *Applied Psychology*, 57(1), 1-29
- Schwartz, S. H. (1977): Normative influence on altruism. In L. Berkowitz (Ed.), *Advances in experimental social psychology*, Vol. 10, 221-279. New York: Academic Press
- Schwartz, S. H. (1992). Universals in the content and structure of values. In M. P. Zanna (Hrsg.). *Advances in experimental social psychology*, 1–65. Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0065-2601\(08\)60281-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2601(08)60281-6)
- Schwartz, S. H. (1994): Are There Universal Aspects in the Structure and Contents of Human Values? *Journal of Social Issues*, 50(4), 19–45. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4560.1994.tb01196.x>
- Schweidler, P., Oehme, A., Fiebig, A., Schuck, M., Chudalla, M., Strigari, F. & Weinzierl, S. (2024). Ein Erhebungsinstrument zur differenzierten Bewertung von Straßenverkehrsräuschen, DAGA 2024, Tagungsband, Hannover, 174-176
- Siegel, M. & Alexa, M. (2020). Sentiment-Analyse deutschsprachiger Meinungsäußerungen. Grundlagen, Methoden und praktische Umsetzung, Springer Vieweg, Wiesbaden
- SRU (1978). Rat von Sachverständigen für Umweltfragen. Umweltgutachten 1978. Deutscher Bundestag; 1978. Drucksache 8/1938, 445
- Steg, L. & Vlek, C. (2009): Encouraging pro-environmental behaviour: An integrative review and research agenda, *Journal of Environmental Psychology*, Vol. 29 (3), 309-317
- Stern, P.C. (2000): New Environmental Theories: Towards a coherent theory of environmentally significant behavior, *Journal of Social Issues*, 56(3), 407-424
- Stölzel, K. (2004). Zusammenhang zwischen Umweltlärmbelästigung und Lärmempfindlichkeit, Humboldt-Universität zu Berlin, Medizinische Fakultät - Universitätsklinikum Charité, <http://dx.doi.org/10.18452/15009>
- Taber, K.S. (2018). The use of Cronbach's Alpha when developing and reporting research instruments in science education. *Res Sci Educ* 48, 1273–1296, <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9602-2>
- Tymann, K.M., Lutz, M., Palsbröker, P. & Gips, C. (2019). GerVADER. A German adaptation of the VADER sentiment analysis tool for social media texts. *Lernen, Wissen, Daten, Analysen*, Tagungsband, Vol. 2454, 14, 178-189
- Umweltbundesamt (2020). Lärmelastung in Deutschland. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/laerm/laermwirkungen/laermbelastung>, Abrufdatum 31.08.2024
- Umweltbundesamt (2024). Daten der Lärmkartierungen 2022. Berechnet aus Mittelungen der Bundesländer und des Eisenbahn-Bundesamtes entsprechend § 47c BImSchG.

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/umweltindikatoren/indikator-belastung-der-bevoelkerung-durch>, Abrufdatum 31.08.2024

van Eck, N. J. & Waltman, L. (2010). VOSViewer: Visualizing Scientific Landscapes [Software]. <https://www.vosviewer.com>, abgerufen am 23.05.2023

van Kamp, I., Brown, A.L. & Schreckenberg, D. (2019). Soundscape approaches in urban planning: Implications for an intervention framework, ICA 2019, Tagungsband, Aachen, 2019

VuMA (2021). Frauen und Männer in Deutschland nach Besitz eines Motorrad-Führerscheins im Jahr 2021. Arbeitsgemeinschaft Verbrauchs- und Medienanalyse, Statista, Zugriff am 23.09.2024, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/290474/umfrage/umfrage-unter-frauen-und-maennern-zum-besitz-eines-motorrad-fuehrerscheins/>

WHO (2018): Environmental Noise Guidelines for the European Union, Regional Office for Europe, Kopenhagen, Dänemark

Zimmer, K. & Ellermeier, W. (1998). Ein Kurzfragebogen zur Erfassung der Lärmempfindlichkeit. In: *Umweltpsychologie* 2 (2), 54–63

Ziegler, T., Egger, S., Bühlmann, E. & Hammer, E. (2017): Grundlagen zur Beurteilung der Lärmwirkung von Tempo 30.

Abbildungen

Abbildung 1: Zusammenhang zwischen den Arbeitspaketen des Forschungsvorhabens und den zugehörigen Kapiteln dieses Berichtes.

Abbildung 2: Schematische Darstellung des iterativen Suchprozesses zu den Themen Lärmbewusstsein und lärmbewusstes Verhalten

Abbildung 3: Ergebnis der Textnetzwerkanalyse, basierend auf bibliometrischen Daten der mittels SCOPUS identifizierten Quellen mit der Suche „TITLE-ABS-KEY (pro AND environmental AND behavior AND driving OR noise)“. Analyse: Kookkurrenz, Mindestanzahl des Vorkommens eines Schlüsselwortes: 5. Eliminierte Schlüsselwörter: „human(s)“, „article“, „male“, „female“, „adult“, „questionnaire(s)“, „survey(s)“, „controlled study“, „china“, „adolescent“, „review“. Einordnung des Themas "Lärm" in den umweltpolitischen Diskurs.

Abbildung 4: Phasenmodell der Veränderung individuellen lärmrelevanten Verhaltens. Quelle: Eigene Darstellung (TUB), angepasst von Moser et al. (2013a).

Abbildung 5: Angaben zur Lärmbelästigung über die wichtigsten Geräuschquellen zur Frage „Wie stark haben Sie sich in Ihrer Wohnung durch folgende Lärmquellen gestört oder belästigt gefühlt?“ Template zur Darstellung der Lärmbelästigung vom Umweltbundesamt verwendet. Prozentuale Angabe für jede Quelle kennzeichnet den kumulierten Gesamtanteil der Befragten, die sich durch die Geräuschquelle gestört und belästigt fühlen.

Abbildung 6: Angaben zur Lärmbelästigung bezüglich spezifischer Geräuschquellen zur Frage „Wie stark haben Sie sich in Ihrer Wohnung durch folgende Lärmquellen gestört oder belästigt gefühlt?“ Template zur Darstellung der Lärmbelästigung vom Umweltbundesamt verwendet. Prozentuale Angabe für jede Quelle kennzeichnet den kumulierten Gesamtanteil der Befragten, die sich durch die Geräuschquelle gestört und belästigt fühlen.

Abbildung 7: Histogramm der Verteilung der Lärmempfindlichkeitswerte (oben) und Sozialverträglichkeitswerte (unten) jeweils für den Wertebereich 0 bis 1 (0: nicht lärmempfindlich, 1: sehr lärmempfindlich und 0: nicht sozial verträglich und 1: sehr sozial verträglich)

Abbildung 8: Mittlere Belästigung durch Straßenverkehrslärm (arithm. Mittelwert und Standardfehler) sowie Standardfehler über Lärmempfindlichkeitsklassen (1: wenig lärmempfindlich (0,00 - 0,33). 2: mittelmäßig lärmempfindlich (0,33 - 0,66), 3: sehr lärmempfindlich (0,66 - 1,00)).

Abbildung 9: Zustimmung für Maßnahmen zur Minderung von Straßenverkehrslärm (oben: Entlastung von Wohngebieten durch Fahrverbote tagsüber, unten: Entlastung von Wohngebieten durch Fahrverbote nachts) über den Grad der Nutzungshäufigkeit des eigenen PKW. Arithmetische Mittelwerte und Standardfehler sind dargestellt

Abbildung 10: Zustimmung für Maßnahmen zur Minderung von Straßenverkehrslärm (oben: Entlastung von Wohngebieten durch Fahrverbote tagsüber, unten: Entlastung von

Wohngebieten durch Fahrverbote nachts) über den Grad der Lärmbelästigung durch Straßenverkehrslärm. Arithmetische Mittelwerte und Standardfehler sind dargestellt.

Abbildung 11: Individuelle Vorschläge für lärmbewusste Fahrweise, die nach Oberkategorien geclustert wurden. Insgesamt wurden 486 Vorschläge von 318 Befragten angegeben.

Abbildung 12: Individuelle Vorschläge für lärmbewusste Fahrweise, die nach Ebenen nach Moser et al. (2013a) kategorisiert wurden.

Abbildung 13: Prozentuale Anteile der mittels Sentimentanalyse (GerVader) ermittelten positiven, negativen und neutralen Kommentare, die zum Abschluss der Befragung gegeben wurden.

Abbildung 14: Korrelationsmatrix der ausgewählten Items zur Bestimmung des Konstrukts „Lärbewusstes Verhalten“.

Abbildung 15: Zusammenhang der individuellen Werte zum „Lärbewussten Verhalten“ vor und nach der Eliminierung weniger geeigneter Items.

Abbildung 16: Verteilung der individuellen Werte des Konstrukts „Lärbewusstes Verhalten“ über die gesamte Stichprobe (n=414). Ein Wert von 0 bedeutet „gar nicht lärbewusst verhaltend“ und ein Wert von 1 „äußerst lärbewusst verhaltend“.

Abbildung 17: Zusammenhang zwischen der angegebenen Wohnortgröße und des Wertes „lärbewussten Verhaltens“ mittels der Darstellung als Boxplot.

Abbildung 18: Lärbewusstes Verhalten (arithm. Mittelwerte und Standardfehler) über dem Grad der Zustimmung einer Maßnahme zur Minderung von Straßenverkehrslärm (Überwachung und Ahndung von lautem Fahrverhalten (z.B. Lärmblichter).

Abbildung 19: Heatmap der korrelativen Zusammenhänge zwischen den Konstrukten mit entsprechender Farbskala (positive Korrelationen: grün; negative Korrelationen: rot). Anmerkung: *p<,05, **p<0,01, ***p<0,001.

Abbildung 20: Geschätztes Messmodell für die SEM-Analyse. Koeffizienten des Pfaddiagramms sind standardisiert.

Abbildung 21: Schematische Darstellung des Fahrversuchssetups im Fließverkehr. *Für PKW mit eingebautem Verbrennungsmotor. Quelle: eigene Darstellung (AIT).

Abbildung 22: Für den Fahrversuch eingesetzter PKW mit Verbrennungsmotor und manueller Gangschaltung (BMW X3 - links oben), sowie eingesetzter Elektro-PKW (Cupra Born - links unten); ausgewählte Route für Fahrversuch (rechts). Quelle Kartenmaterial: OpenStreetMap.

Abbildung 23: Feedback-Display bei exemplarischer Pilottestfahrt für den Fahrversuch. Quelle: eigene Fotos (AIT).

Abbildung 24: Design (links) und Aufbau (rechts) des entworfenen visuellen Hinweisgebers entlang der Versuchsstrecke.

Abbildung 25: Positionen der stationären Hinweisgeber (schwarze Kreise) in der sättdtischen Seitenstraße (Paukerwerkstraße) entlang der Versuchsstrecke. Quelle Kartenmaterial: Google Maps. Bei allen im Satellitenbild zur Paukerwerkstraße zulaufenden Wege handelt

es sich Ausfahrten von Privatgrundstücken mit Nachrang laut der österreichischen StVO.

Abbildung 26: Exemplarisch aufgenommener Zeitverlauf der GPS-Geschwindigkeiten und der OBD-Motordrehzahlen für die Fahrt einer Versuchsperson aus der Interventionsgruppe mit dem untersuchten V-PKW. Dunkelgrau hinterlegte Zeitintervalle wurden von der statistischen Analyse ausgeschlossen (siehe Fließtext für Ausschlusskriterien).

Abbildung 27: Exemplarisch aufgenommene Trajektorie der GPS-Geschwindigkeiten und der OBD-Motordrehzahlen für die Fahrt einer Versuchsperson mit dem untersuchten V-PKW. Quelle Kartenmaterial: OpenStreetMap.

Abbildung 28: Exemplarisch ermittelte Median- und Mototordrehzahlgeschwindigkeiten (farbige Balken) sowie 25-%- und 27-%-Perzentil (schwarze Whisker) in Abhängigkeit des Intersubjektfaktors „Straßentyp“ für die Fahrten einer Versuchsperson mit den untersuchten PKWs.

Abbildung 29: Vergleich zwischen geschätzten Verteilungen (blau und grüne Flächen - Violinenplot) der Mediangeschwindigkeiten (weiße horizontale Linie) zwischen Versuchspersonen der Kontrollgruppe (KG) und Versuchspersonen der Interventionsgruppe (IG) (Zwischensubjektfaktor „Versuchsgruppe“). Die schwarzen Boxen innerhalb der geschätzten Verteilungen stellen Boxplots mit 25-%- und 75-%-Perzentile als untere und obere Grenze dar (Boxplot), die Werte außerhalb (Whisker) sind als schwarze vertikale Linien zu zusammengefasst.

Abbildung 30: Vergleich zwischen Verteilungen der Medianmotordrehzahlen zwischen Versuchspersonen der Kontrollgruppe (KG) und Versuchspersonen der Interventionsgruppe (IG) (Zwischensubjektfaktor „Versuchsgruppe“). Für eine detaillierte Beschreibung der gewählten Darstellungsart, siehe Abbildung 29

Abbildung 31: Seitenansicht (oben) und Vogelperspektive (unten) des Messaufbaus für die Vorbeifahrtsmessungen. Quelle: eigene Darstellung (AIT).

Abbildung 32: Exemplarischen Vorbeifahrtsmessung mit konventionellen Mikrofonen und HOA-Mikrophon (links) und Blick auf Messtrecke (rechts).

Abbildung 33: Ermittelte maximale Vorbeifahrtspegel aller validen Vorbeifahrtsmessungen an der Mikrofonposition M1 in 7,5 m Abstand und 1,2 m über der Fahrbahnoberfläche.

Abbildung 34: Ermittelte maximale Vorbeifahrtspegel valider Vorbeifahrtsmessungen mit dem untersuchten V-PKW an der Mikrofonposition M1 in 7,5 m Abstand und 1,2 m über der Fahrbahnoberfläche. Die durchgezogenen Geraden repräsentieren logarithmische Regressionsfunktionen auf Basis von Vorbeifahrten in einem bestimmten Gang.

Abbildung 35: Ermittelte maximale Vorbeifahrtspegel valider Vorbeifahrtsmessungen mit dem untersuchten V-PKW an der Mikrofonposition M1 in 7,5 m Abstand und 1,2 m über der Fahrbahnoberfläche. Die Geraden repräsentieren logarithmische Regressionsfunktionen auf Basis einer bestimmten Fahrmanöverart. Vorbeifahrten, bei denen das AVAS durchgehen aktiv war, wurden von den Regressionsanalysen ausgeschlossen.

Abbildung 36: Merkmale der Stichprobe (n=33): Häufigkeitsdiagramme, die die Alterszusammensetzung (links) und die Geschlechtsverteilung (rechts) darstellen.

Abbildung 37: Korrelative Zusammenhänge (Pearsons' r) zwischen den Bewertungsgrößen mit der Anzahl der verwerteten Datensets 33 bei 30 Messwiederholungen (n=990). Alle Korrelationen sind hochsignifikant ($p < 0,001$), außer zwischen heulend und wummernd ($p = 0,053$), monoton und wummernd ($p = 0,667$), monoton und nah ($p = 0,038$).

Abbildung 38: Rangreihenfolge (Median) der Geräuschtypen bezüglich der empfundenen Lästigkeit. Die Angaben erfolgten, nachdem der erste Block an urbanen Geräuschszenarien gehört und bewertet wurde.

Abbildung 39: Darstellung der Medianwerte der Lästigkeitsbewertung von Einzelvorbeifahrten mit einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor in verschiedenen Betriebsmodi aufgetragen in Abhängigkeit des A-bewerteten Mittelungspegels (L_{Aeq}). Die in der Abbildung enthaltenen Regressionsgeraden wurden nach der Methode Ordinary-Least-Squares (OLS) ermittelt.

Abbildung 40: Radarplot. Vergleich der wahrgenommenen auditiven Qualitäten bei Konstantfahrten mit unterschiedlichen Gängen bei einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor. Es wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede, außer bei 10km/h bezüglich des Items wummernd ($p < 0,05$) siehe oben links, beobachtet.

Abbildung 41: Darstellung der Medianwerte der Lästigkeitsbewertung auditiver Reize (Vorbeifahrten mit einem Fahrzeug mit Elektromotor in verschiedenen Betriebsmodi) über den A-bewerteten Dauerschalldruckpegel L_{Aeq} . Die Abbildung ist unterstützt von Regressionsgeraden, die mit OLS (Ordinary Least Squares)-Schätzung erstellt wurden.

Abbildung 42: Darstellung der Medianwerte der Lästigkeitsbewertung diverser urbaner Geräuschumgebungen mit und ohne auffällige Einzelereignisse über den A-bewerteten Dauerschalldruckpegel L_{Aeq} .

Abbildung 43: Radarplot der 8 erhobenen Attribute zweier urbaner Szenen ähnlicher A-bewerteter Schalldruckpegel (Straßenverkehrsgeräusche vom Ernst-Reuter-Platz (Berlin) mit und ohne auffälliges Einzelereignis). Statistisch signifikante Unterschiede sind bei allen Attributen vorhanden (bedrohlich: $p < 0,001$; wummernd: $p < 0,01$; ereignisreich: $p < 0,001$; erholsam: $p < 0,01$; lästig: $p < 0,01$; monoton: $p < 0,001$; nah: $p < 0,001$; heulend: $p < 0,05$).

Abbildung 44: Durchschnittswert quellenbezogener Lärmbelästigung gruppiert nach Größe des Wohnortes.

Abbildung 45: Durchschnittswert quellenbezogener Lärmbelästigung gruppiert über die Nähe zu einer Grün- oder Erholungsfläche zur Wohnung.

Abbildung 46: Durchschnittswert der Lärmbelästigung durch verschiedene Geräuschquellen gruppiert nach Altersgruppen.

Abbildung 47: Durchschnittswert quellenbezogener Lärmbelästigung gruppiert nach Einschätzung der öffentlichen Sichtbarkeit des Themas Lärm

Abbildung 48: Durchschnittswert der Lärmbelästigung Mittelwerte der Lärmbelästigung bezüglich ausgewählter Geräuschereignisse durch Nachbarn gruppiert über die allgemeine Belästigung durch Nachbarschaftslärm

Abbildung 49: Messtechnisch ermittelte Schallleistungspegelspektren für den untersuchten PKW mit Verbrennungsmotor im Lastzustand „Leerlauf“ bei unterschiedlichen Motordrehzahlen. Die zugehörigen Messungen wurden in Anlehnung an DIN EN ISO 3746, und ohne Zunahme eines Rollenprüfstand durchgeführt. Die Schallleistungsspektren dienen primär der Abschätzung des Antriebsgeräusches des PKWs für die versuchsspezifische Lärmverhaltens-Metrik innerhalb des Fahrversuches, welcher in Abschnitt 4.1 beschrieben ist.

Abbildung 50: Ermittelte maximale Vorbeifahrtspegel aller validen Vorbeifahrtsmessungen an der Mikrofonposition M1 in 7,5 m Abstand und 3 m über der Fahrbahnoberfläche.

Tabellen

Tabelle 1: Einflussfaktoren der personalen Ebene zum Erreichen von Transitionspunkten, d.h. den Phasenübergängen zur Veränderung individuellen lärmrelevanten Handelns. Angepasst von Moser et al. (2013a).

Tabelle 2: Einflussfaktoren der Kontextebene zum Erreichen von Transitionspunkten, d.h. den Phasenübergängen zur Veränderung individuellen lärmrelevanten Handelns. Angepasst von Moser et al. (2013a).

Tabelle 3: Angaben zur Stichprobe (Land, Geschlecht, Anteil Motorradfahrende in %, Häufigkeit der Benutzung des eigenen PKW in %).

Tabelle 4: Altersverteilung der Stichprobe über drei Altersklassen.

Tabelle 5: Die nach bewerteter Belästigung durch Straßenverkehrslärm gruppierten Mittelwerte der prozentualen Einschätzung der Lärmbelästigung durch den Straßen-, Schienen- und Flugverkehr in der Gesamtbevölkerung.

Tabelle 6: Korrelativer Zusammenhang (Pearson r) zwischen Lärmbelästigung bezüglich verschiedener Geräuschquellen und der individuellen Lärmempfindlichkeit.

Tabelle 7: Aufschlüsselung der Zustimmung bezüglich Maßnahmen zur Minderung von Straßenverkehrslärm sowie Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD).

Tabelle 8: Korrelative Zusammenhänge zwischen Maßnahmenakzeptanz und Lärmempfindlichkeit sowie Sozialverträglichkeit.

Tabelle 9: Ermittlung statistisch signifikanter Unterschiede in der Akzeptanz von Maßnahmen bei Berücksichtigung der Häufigkeit der PKW-Nutzung mittels ANOVA (Welch's).

Tabelle 10: Ermittlung statistisch signifikanter Unterschiede in der Akzeptanz von Maßnahmen bei Berücksichtigung der berichteten Lärmbelästigung durch Straßenverkehrslärm durch ANOVA (Fischer's).

Tabelle 11: Angaben zur Nutzungshäufigkeit von Verkehrsmitteln sowie Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD).

Tabelle 12: Angaben zu verschiedenen Aspekten des Fahrverhaltens sowie Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD)

Tabelle 13: Angaben zur Häufigkeit der Nutzung bestimmter fahrbezogener Handlungen sowie Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD).

Tabelle 14: Am häufigsten genannte individuelle Vorschläge für lärmbewusste Fahrweise per Freitexteingabe.

Tabelle 15: Angaben zur Berücksichtigung des Themas Lärmvermeidung oder -minderung bei der Anschaffung oder Nutzung über verschiedene Produktklassen.

Tabelle 16: Aufschlüsselung der Zustimmung umweltbezogener Aussagen, mittels value-based-framing (altruistisches (ALT), biosphärisches (BIO), egoistisches (EGO) Framing) sowie arithmetische Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD).

Tabelle 17: Angaben zu verschiedenen Aspekten der Verantwortungsübernahme für die Produktion und Vermeidung von Straßenlärm sowie Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD)

Tabelle 18: Angaben zu verschiedenen Aspekten der Verantwortungsübernahme für die Erzeugung von Lärm beim Fahren eines Kraftfahrzeuges.

Tabelle 19: Cronbach α Werte für jedes Item, wenn es exkludiert würde. Es sind alle Items zum Thema „Lärmverhalten“ aufgeführt.

Tabelle 20: Auflistung der im Fragebogen enthaltenen thematischen Cluster und der zugeordneten Items sowie Eignung der Cluster für die nachfolgende Konstruktbildung. Die Einschätzung der Eignung erfolgte aus methodischen Gründen und nicht auf Basis der internen Konsistenz auf Basis des Cronbach α . Jedoch fiel das Cronbach α bei vielen theoretischen Konstrukten relativ hoch aus.

Tabelle 21: Schätzparameter des Messmodells.

Tabelle 22: Geographische Koordination der beiden platzierten visuellen Hinweisgeber.

Tabelle 23: Untersuchte Fahrmanöver und Zielgeschwindigkeiten an der Vorbeifahrtsachse für diese Manöver.

Tabelle 24: $L_{AF,max}$ -Pegeldifferenzen zwischen je zwei Fahrmanövern (erste Spalte) bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten, ermittelt auf Basis der in Abbildung 34 dargestellten logarithmischen Regressionsfunktionen. Positive dB-Werte bedeuten, dass für das erste angeführte Fahrmanöver der jeweiligen Zeile höhere $L_{AF,max}$ -Werte ermittelt wurden.

Tabelle 25: Maßnahmen zur Förderung lärmbewussten Verhaltens anhand der Literatursynthese und der Ergebnisse der Online-Befragung. Eine trennscharfe Unterscheidung zwischen den Ebenen und den zugeordneten Maßnahmen ist nicht möglich, da einzelne Maßnahmen auf mehreren Ebenen wirksam sein können.

Tabelle 26: Maßnahmen zur Förderung lärmbewussten Verhaltens im Straßenverkehr. Eine trennscharfe Unterscheidung zwischen den Ebenen und den zugeordneten Maßnahmen ist nicht möglich, da einzelne Maßnahmen auf mehreren Ebenen wirksam sein können.

Tabelle 27: Häufigkeiten bezüglich der Angabe zum monatlichen Nettoeinkommen im Haushalt.

Tabelle 28: Häufigkeiten bezüglich der Angabe zum Beschäftigungsverhältnis.

Tabelle 29: Arithmetischer Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) der Lärmbelästigung durch spezifische Geräuscheignisse im Kontext von Nachbarn.

Tabelle 30: Interne Konsistenzprüfung des Konstrukts „Maßnahmenakzeptanz“ und Cronbach α -Werte bei Exklusion einzelner Items (Maßnahmenvorschläge).

Tabelle 31: Interne Konsistenzprüfung und Cronbach α -Werte bei Exclusion einzelner Items im Konstrukt „Werteorientierung“, hier mittels wertebasiertem Framing eingebettet bei umweltbezogenen Aussagen bestimmt.

Tabelle 32: Verwendetes Messequipment für Realversuch im Fließverkehr.

Tabelle 33: Verwendetes Messequipment für Vorbeifahrtmessungen.

Tabelle 34: Berechnete akustische Parameter der verwendeten Stimuli (Straßenverkehrsszenen) im Hörversuch (siehe Kapitel 4.3).

Tabelle 35: Berechnete akustische Parameter der verwendeten Stimuli im Hörversuch (siehe Kapitel 4.3). In der Spalte 'Name' ist der Betriebszustand des Fahrzeuges angegeben, welches aufgenommen wurde (k: Konstantfahrt, b: Beschleunigung – die Zahl danach ist der eingelegte Gang im Fall des Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor).

Anhang A

A.1 Auflistung der 26 identifizierten einschlägigen Publikationen auf Basis der Literaturrecherche mit SCOPUS

Balderjahn, I. (1990). Lärmbewußtes Konsumverhalten. Theoretische und empirische Aspekte, Zeitschrift-für Lärmbekämpfung 37, 129-134, Springer Verlag

Barth, M., Jugert, P. & Fritsche, I. (2016). Still underdetected – Social norms and collective efficacy predict the acceptance of electric vehicles in Germany, Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, Volume 37, 64-77

Bühlmann, E. & Egger, S. (2017). Assessing the noise reduction potential of speed limit 30 km/h, Proceed-ings of the 46th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (Inter-Noise), Hong Kong, China

Calvo, J.A., Álvarez-Caldas, C., San Romána, J.L. & Cobob, P. (2012). Influence of vehicle driving param-eters on the noise caused by passenger cars in urban traffic, Transportation Research Part D: Transport and Environment, 17 (7), 509-513

Diekmann, A., Meyer, R., Mühlemann, C. & Diem, A. (2009). Schweizer Umweltsurvey 2007. Analysen und Ergebnisse. Bericht für das Bundesamt für Statistik (BFS) und das Bundesamt für Umwelt (BAFU). Zürich: ETH Zürich

FAMOS (2022). Factors MOderating people's Subjective reactions to road noise, CEDR Transnational Re-search Programme, <https://famos-study.eu/>

Fischer, M., Moser, S., Lauper, E., Hammer, T. & Kaufmann-Hayoz, R. (2013). Lärmbelästigung, -verursachung und -vermeidung: Untersuchung psychologischer Faktoren mit repräsentativen Daten. Arbeitspapiere aus der IKAÖ, Nr. 9, Universität Bern

Fischer, M., Moser, S., Lauper, E., Hammer, T. & Kaufmann-Hayoz, R. (2013). Psychologische Maßnahmen zur Lärmbekämpfung Förderung eines leisen Fahrstils und der Bereitschaft zur Lärmvermeidung. Ar-beitspapiere aus der IKAÖ, Nr. 11, Universität Bern

Fischer, M., Moser, S. & Hammer, T. (2014). Ansatzpunkte und psychologische Interventionsmaßnahmen zur Verminderung von Geräte- und Maschinenlärm. Arbeitspapiere aus der IKAÖ, Nr. 12

Kasess, C., Maly, T., Kluger-Eigl, W., Demmelmayr, E., Waubke, H., Ostermann, N. & Blab, R. (2017). Abschlussbericht Projekt "Lärmarme Rumpelstreifen" (LARS), Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Kramer, J. & Petzoldt, T. (2022). The role of self-concordance for self-reported strategic, tactical and operational eco-driving, Transportation Research Part F: Psychology and Behavior, 84, pp. 83-98

Kramer, J. & Petzoldt, T. (2022). Environmental, altruistic, or monetary benefits? A longitudinal online experiment on how framed behavioral consequences affect self-reported eco-driving of German vehicle owners, Transportation Research Part F: Psychology and Behavior, 93, 204-221

- Kramer, J., Riza, L. & Petzoldt, T. (2023). Carbon savings, fun, and money: The effectiveness of multiple motives for eco-driving and green charging with electric vehicles in Germany, *Energy Research & Social Science*, 99, 103054
- Lauper, E., Moser, S., Fischer, M. & Matthias, E. (2016). Explaining Car Drivers' Intention to Prevent Road-Traffic Noise: An Application of the Norm Activation Model, *Environment and Behavior*, 48(6), 826–853
- Lauper, E., Moser, S., Fischer, M., Matthias, E. & Kaufmann-Hayoz, R. (2015). Psychological predictors of eco-driving: A longitudinal study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 33, 27-37
- Meleady, R., Abrams, D., Van de Vyver, J., Hopthrow, T., Mahmood, L., Player, A., Lamont, R. & Leite, A.C. (2017). Surveillance or Self-Surveillance? Behavioral Cues Can Increase the Rate of Drivers' Pro-Environmental Behavior at a Long Wait Stop. *Environmental Behavior*, 49(10), 1156-1172
- Missoni-Steinbacher, E. (2020). Citizen Science und Lärm: Eine Modulentwicklung für Sekundarstufe II zu Lärmbewusstsein und Partizipation in der Lärmkartierung, Diplomarbeit, Technische Universität Wien
- Moser, S. Fischer, M., Lauper, E., Hammer, T. & Kaufmann-Hayoz, R. (2013). Vermeiden von Umweltlärm ein Phasenmodell individueller Handlungsänderung. Arbeitspapiere aus der IKAÖ, Nr. 8, Universität Bern
- Moser, S. Fischer, M., Lauper, E., Schaad, A., Hammer, T. & Kaufmann-Hayoz, R. (2013). Individuelle Verursachung und Vermeidung von Straßenlärm. Ein empirischer Test eines Phasenmodells an den Beispielen Fahrstil und Kauf. Arbeitspapiere aus der IKAÖ, Nr. 10, Universität Bern
- Moser, S., Fischer, M., Lauper, E., Hammer, T. & Kaufmann-Hayoz, R. (2015). Mit Eco-Drive gegen Straßenlärm. Evaluation eines Interventionsprogramms zur Förderung eines leisen Fahrstils. CDE Working Paper 2. Bern, Schweiz: Centre for Development and Environment (CDE) and Bern Open Publishing (BOP). DOI: 10.7892/boris.66913
- Moser, S., Fischer, M., Lauper, E., Hammer, T. & Kaufmann-Hayoz, R. (2015). Online-Anhang zu: Mit Eco-Drive gegen Straßenlärm. Evaluation eines Interventionsprogramms zur Förderung eines leisen Fahrstils. CDE Working Paper 2a (Anhang). Bern, Schweiz: Centre for Development and Environment (CDE) and Bern Open Publishing (BOP). DOI: 10.7892/boris.66914
- Schlachter, I., Meloni, T., Lauper, E. & Moser, S. (2010). Behavior change in noise-producing activities – a model, 1st EAA – EuroRegio 2010, Congress on Sound and Vibration, 15-18 September 2010, Ljubljana, Slovenia
- Schlachter, I., Meloni, T., Fischer, M., Lauper, E. & Moser, S. (2011). Bewusstsein und Handeln in der Lärmbekämpfung – ein sozialpsychologischer Modellansatz, Fortschritte der Akustik, DAGA 2011, 37. Jahrestagung für Akustik, Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA), Düsseldorf
- Shankar, S., Stevenson, C., Pandey, K., Tewari, S., Hopkins, N. P. & Reicher, S. D. (2013). A calming cacophony: Social identity can shape the experience of loud noise. *Journal of Environmental Psychology*, 36, 87-95. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2013.07.004>

Umweltbundesamt (2019). Umweltbewusstsein in Deutschland 2018. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage

Umweltbundesamt (2022). Umweltbewusstsein in Deutschland 2020. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage

Anhang B

B.1 Fragebogen der Online-Befragung



velma → full

29.11.2023, 08:59

Seite 01

Herzlich willkommen zur Befragung "Lärmbewusstsein und Lärmverhalten im Individualverkehr"

Die folgende Befragung wird im Rahmen eines Forschungsprojektes im Auftrag des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr, vertreten durch die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), von der Technischen Universität Berlin (TUB) in Zusammenarbeit mit dem Austrian Institute of Technology (AIT) durchgeführt.

Mit dieser Studie möchten wir allgemeine Informationen zum Thema "Lärm, Umwelt und Gesellschaft" sammeln mit einem Fokus auf den Straßenverkehr. Die Befragung kann auf allen mobilen Endgeräten durchgeführt werden und nimmt etwa **40 Minuten** in Anspruch. Wir empfehlen jedoch eine Durchführung auf dem **Rechner**.

Im nachfolgenden Fragebogen werden soziodemographische Informationen erhoben und Fragen zu Ihren persönlichen Einstellungen und Ihrem persönlichen Verhalten gestellt. Bitte antworten Sie **spontan** und **wahrheitsgemäß**. Es geht in der Befragung nicht darum, Sie als Person zu beurteilen. Es gibt weder richtige noch falsche Antworten. Die Antworten können selbstverständlich auch im Nachhinein nicht mit Ihnen als Person in Verbindung gebracht werden.

Mit der Befragung wollen wir einen Eindruck davon gewinnen, welchen Stellenwert das Thema Lärm in unserem täglichen Leben hat und welche Faktoren unser Lärmbewusstsein und Lärmverhalten beeinflussen. Bitte beachten Sie unsere **Einschlusskriterien**, um an der Befragung teilnehmen zu können:

- Alter: 18-59 Jahre
- Fahrerlaubnis der Klasse A oder B
- Ausreichende Deutschkenntnisse (min. B2)
- Wohnort in Deutschland, Österreich oder Schweiz

Bitte stellen Sie sicher, dass Ihr Endgerät eine **Soundwiedergabe** unterstützt und halten Sie ggf. **Kopfhörer** bereit.

Am Ende des Fragebogens haben Sie die Möglichkeit, Form und Inhalt des Fragebogens zu kommentieren oder Punkte anzusprechen, die Ihrer Meinung nach wichtig sind, im Fragebogen aber nicht adressiert wurden. Bei Fragen wenden Sie sich gerne an Cleopatra Moshona (c.moshona@tu-berlin.de).

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Datenschutzrechtliche Informationen und Einverständniserklärung

Speicherung von Daten

Es werden die Antworten auf alle im Fragebogen gestellten Fragen gespeichert. Es wird außerdem die Zeit, die Sie für die Beantwortung der einzelnen Fragen benötigen und der Zeitstempel (Datum/Uhrzeit) der Durchführung der Befragung geloggt.

Freiwilligkeit und Anonymität

Ihre Teilnahme an der Befragung ist freiwillig. Sie können Ihre Teilnahme jederzeit ohne Angabe von Gründen abbrechen. Die Erhebung der Daten erfolgt vollständig anonymisiert, d.h. es wird an keiner Stelle Ihr Name, Geburtsdatum oder Ihre Adresse erfragt. Eine Verbindung zwischen einem ggf. vorhandenen Bilendi & Respondi-Code und den Rohdaten dieser Befragung steht dem Forschungsteam nicht zur Verfügung. Alle gesammelten Daten und persönlichen Informationen werden vertraulich behandelt und ausschließlich für wissenschaftliche Zwecke genutzt. Die Veröffentlichung der Ergebnisse der Befragung erfolgt in anonymisierter Form, sodass kein Rückschluss auf Ihre Person möglich ist.

Anweisungen zur Durchführung

Bitte begeben Sie sich zur Durchführung der Befragung in eine ruhige Umgebung, in der Sie nicht abgelenkt werden. Bitte beachten Sie, dass während der Befragung vereinzelt Aufmerksamkeitschecks stattfinden, um sicherzustellen, dass Sie an der Befragung aktiv teilnehmen.

Einverständniserklärung

Ich bestätige, dass meine Teilnahme an der Befragung freiwillig ist. Ich stimme zu, dass meine personenbezogenen Daten vertraulich, unter Berücksichtigung der vorliegenden Datenschutzbedingungen und alleinig für die genannten Zwecke gespeichert bzw. verarbeitet werden und dass eine Weitergabe an Dritte ausgeschlossen ist. Ich verstehe, dass die im Rahmen der Befragung erhobenen Daten anonymisiert und zu wissenschaftlichen Zwecken (vgl. Art 89 DSGVO) ausgewertet werden und dass alle möglichen Anstrengungen unternommen werden, um einen Rückschluss auf meine Person auszuschließen. Ich bin damit einverstanden, dass meine anonymisierten Daten für mindestens 10 Jahre gespeichert und für Forschungszwecke verwendet und veröffentlicht werden.

☐ Ich bestätige die obigen Informationen verstanden zu haben und stimme der Verarbeitung meiner Daten zu.

1. Welchem Geschlecht fühlen Sie sich zugehörig?

- ☐ weiblich
- ☐ männlich
- ☐ divers
-
- ☐ keine Angabe

2. Wie alt sind Sie?

Falls Sie zwischen 18 und 59 Jahre alt sind, geben Sie bitte Ihr genaues Alter in Jahren an.

[Bitte auswählen] ▼

3. Sprechen Sie Deutsch mit einem Niveau von B2 oder besser?

- ☐ nein
- ☐ ja
-
- ☐ Deutsch als Erstsprache

4. In welchem Land leben Sie derzeit?

- ☐ Deutschland
- ☐ Österreich
- ☐ Schweiz
- ☐ Anderes Land

5. Besitzen Sie einen Führerschein?

Klasse A oder B

- ☐ ja
- ☐ nein

6. Welchen Bildungsabschluss haben Sie?

Bitte wählen Sie den höchsten Bildungsabschluss, den Sie bisher erreicht haben.

- ☐ Schule beendet ohne Abschluss
- ☐ Noch Schüler
- ☐ Volks-, Hauptschulabschluss, Quali
- ☐ Mittlere Reife, Realschul- oder gleichwertiger Abschluss
- ☐ Abgeschlossene Lehre
- ☐ Fachabitur, Fachhochschulreife
- ☐ Abitur, Hochschulreife
- ☐ Fachhochschul-/Hochschulabschluss
- ☐ Anderer Abschluss, und zwar:

7. In welchem Beschäftigungsverhältnis befinden Sie sich?

- ☐ Schüler:in
 - ☐ In Ausbildung
 - ☐ Student:in
 - ☐ Angestellte:r
 - ☐ Beamte:r
 - ☐ Selbstständig
 - ☐ Arbeitslos / arbeitssuchend
 - ☐ Sonstiges:
-
- ☐ keine Angabe

8. Wie hoch ist ungefähr das monatliche Nettoeinkommen in Ihrem Haushalt?

Gemeint ist der Betrag, der sich aus allen Einkünften zusammensetzt und nach Abzug der Steuern und Sozialversicherungen übrig bleibt.

▼

9. Im Folgenden sehen Sie verschiedene Aussagen zum Thema Umwelt. Bitte geben Sie an, inwieweit Sie der jeweiligen Aussage zustimmen oder nicht zustimmen.

Das Wirtschaftswachstum sollte sich der Erreichung von Klimaschutzziele unterordnen.	☐ stimme nicht zu	☐ stimme eher nicht zu	☐ stimme eher zu	☐ stimme zu	☐ keine Meinung
Es macht mich traurig, wenn ich sehe wie stark die Biodiversität unter den Folgen menschengemachter Umweltprobleme leidet.	☐ stimme nicht zu	☐ stimme eher nicht zu	☐ stimme eher zu	☐ stimme zu	☐ keine Meinung
Das Thema Umwelt wird oft als Vorwand genutzt, um Preiserhöhungen durchzusetzen.	☐ stimme nicht zu	☐ stimme eher nicht zu	☐ stimme eher zu	☐ stimme zu	☐ keine Meinung
Ich wäre bereit mehr für die Umwelt zu tun, wenn es dafür mehr Anreize gäbe.	☐ stimme nicht zu	☐ stimme eher nicht zu	☐ stimme eher zu	☐ stimme zu	☐ keine Meinung
Für mich ist es in Ordnung persönliche Einschränkungen in Kauf zu nehmen oder mehr Mühen auf mich zu nehmen zu Gunsten der Umwelt.	☐ stimme nicht zu	☐ stimme eher nicht zu	☐ stimme eher zu	☐ stimme zu	☐ keine Meinung
Ich bin besorgt, wenn ich daran denke, dass wir auf dem besten Weg sind unsere Klimaschutzziele für 2030 zu verfehlen.	☐ stimme nicht zu	☐ stimme eher nicht zu	☐ stimme eher zu	☐ stimme zu	☐ keine Meinung
Es ist unsere gemeinsame Aufgabe als Gesellschaft dafür zu sorgen, dass unsere Städte umweltfreundlicher gestaltet werden.	☐ stimme nicht zu	☐ stimme eher nicht zu	☐ stimme eher zu	☐ stimme zu	☐ keine Meinung
Es empört mich, dass wir für zukünftige Generationen eine zerstörte Umwelt hinterlassen.	☐ stimme nicht zu	☐ stimme eher nicht zu	☐ stimme eher zu	☐ stimme zu	☐ keine Meinung
Ich finde erneuerbare Energiequellen wie Windkraftträder und Solaranlagen sinnvoll, so lange sie nicht nahe meiner Nachbarschaft stehen.	☐ stimme nicht zu	☐ stimme eher nicht zu	☐ stimme eher zu	☐ stimme zu	☐ keine Meinung

10. Wie zufrieden sind Sie mit der aktuellen Umsetzung folgender umweltpolitischer Ziele in Europa?

Eindämmung der Luft- und Wasserverschmutzung	nicht zufrieden	eher nicht zufrieden	eher zufrieden	zufrieden	keine Meinung
Senkung der Treibhausgasemissionen	nicht zufrieden	eher nicht zufrieden	eher zufrieden	zufrieden	keine Meinung
Ausbau und Förderung erneuerbarer Energien	nicht zufrieden	eher nicht zufrieden	eher zufrieden	zufrieden	keine Meinung
Reduzierung von Lärm	nicht zufrieden	eher nicht zufrieden	eher zufrieden	zufrieden	keine Meinung
Reduzierung von Abfällen	nicht zufrieden	eher nicht zufrieden	eher zufrieden	zufrieden	keine Meinung

11. Im Folgenden werden verschiedene umweltpolitische Maßnahmen aufgelistet. Wie stark stimmen Sie den folgenden Maßnahmen zu?

Erhebung von Straßenbenutzungsgebühren bei Einfahrt in die Innenstadt.	überhaupt nicht	etwas	mittelmäßig	stark	äußerst
Einschränkung des Parkens in der Stadt durch Erhöhung der Parkgebühren.	überhaupt nicht	etwas	mittelmäßig	stark	äußerst
Beschränkung der Höchstgeschwindigkeit auf Autobahnen auf 120 Kilometer pro Stunde.	überhaupt nicht	etwas	mittelmäßig	stark	äußerst

12. Wie wichtig sind die folgenden umweltpolitischen Themen für Sie persönlich?

Bitte sortieren Sie die Themen von oben (wichtig) nach unten (unwichtig).

Lärm	Energiequellen und -versorgung	1
Klimawandel & Treibhausgasemissionen	Umgang mit Abfällen	2
	Luft- und Wasserverschmutzung	3
		4
		5

13. Wie hoch schätzen Sie den Beitrag der nachfolgenden Lärmarten auf das Gesamtlärmaufkommen?

Straßenverkehr

sehr niedrig	niedrig	mittelmäßig	hoch	sehr hoch	weiß ich nicht
-----------------	---------	-------------	------	-----------	-------------------

Luftverkehr

sehr niedrig	niedrig	mittelmäßig	hoch	sehr hoch	weiß ich nicht
-----------------	---------	-------------	------	-----------	-------------------

Schienenverkehr

sehr niedrig	niedrig	mittelmäßig	hoch	sehr hoch	weiß ich nicht
-----------------	---------	-------------	------	-----------	-------------------

Wasserverkehr

sehr niedrig	niedrig	mittelmäßig	hoch	sehr hoch	weiß ich nicht
-----------------	---------	-------------	------	-----------	-------------------

Industrie und Gewerbeanlagen

sehr niedrig	niedrig	mittelmäßig	hoch	sehr hoch	weiß ich nicht
-----------------	---------	-------------	------	-----------	-------------------

Nachbarschaft

sehr niedrig	niedrig	mittelmäßig	hoch	sehr hoch	weiß ich nicht
-----------------	---------	-------------	------	-----------	-------------------

Sport-, Kultur- und Freizeitanlagen

sehr niedrig	niedrig	mittelmäßig	hoch	sehr hoch	weiß ich nicht
-----------------	---------	-------------	------	-----------	-------------------

Baustellenlärm

sehr niedrig	niedrig	mittelmäßig	hoch	sehr hoch	weiß ich nicht
-----------------	---------	-------------	------	-----------	-------------------

14. Im Folgenden sehen Sie verschiedene Aussagen zum Thema Lärm. Bitte geben Sie an, inwieweit Sie der jeweiligen Aussage zustimmen oder nicht zustimmen.

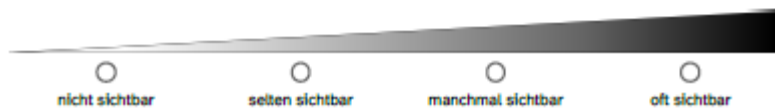
In anderen Ländern ist Lärm ein viel größeres Problem als bei uns.	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu	weiß ich nicht
Einzelne Menschen oder Gruppen können wenig gegen den Lärm im urbanen Raum tun.	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu	weiß ich nicht
Die gesetzlich einzuhaltenden Ruhezeiten sollten strenger reguliert und kontrolliert werden.	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu	weiß ich nicht
Lärm im urbanen Raum trägt wesentlich zur Reduzierung der Lebensqualität bei und gefährdet die Gesundheit.	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu	weiß ich nicht
Die Aktion Tag gegen Lärm ist wichtig und muss daher in den Medien eine große Aufmerksamkeit bekommen.	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu	weiß ich nicht
Lärm in Kauf nehmen zu müssen ist völlig in Ordnung, wenn dadurch die Preise für Mietwohnungen und Immobilien niedriger ausfallen.	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu	weiß ich nicht

15. Über welche Medien bzw. Kanäle haben Sie schon mal etwas zum Thema Lärm mitbekommen?

Mehrfachauswahl möglich

- ☐ Zeitungen, Zeitschriften, Internet-Artikel
- ☐ Rundfunk / Fernsehen
- ☐ Fachjournals
- ☐ Vereine und Mitgliedschaften
- ☐ Social Media
- ☐ Bekanntenkreis
- ☐ Eigene Recherche
- ☐ Ich habe bisher über keine Medien / Kanäle etwas zum Thema Lärm mitbekommen.

16. Wie sichtbar ist Ihrer Einschätzung nach das Thema Lärm im öffentlichen Diskurs?



17. Würden Sie beim Kauf eines neuen Gerätes für eine bessere Energieeffizienzklasse mehr Geld ausgeben?

- ☐ nein
- ☐ ja, aber nur wenn es sich mit den Einsparungen durch die Energiekosten rechnet
- ☐ ja, auch wenn es sich finanziell unter Einbezug der Stromersparnis nicht lohnt

18. Wie sehr ist Ihnen das Umweltzeichen *Blauer Engel* [DE] / die *Umwelt-Etikette* [CH] / das *Österreichische Umweltzeichen* [AT] bekannt?

Je nachdem in welchem Land Sie leben.

- ☐ Ich weiß, wofür es steht.
- ☐ Ich weiß, dass es existiert.
- ☐ Kenne ich nicht.

19. Haben Sie schon einmal von der europäischen Energieverbrauchskennzeichnung (EU-Energielabel) zur Kennzeichnung der Energieeffizienzklasse gehört?

- ☐ ja
- ☐ nein

20. Wie wichtig ist für Sie beim Kauf eines Produktes die angegebene Energieeffizienzklasse?



☐ unwichtig ☐ etwas wichtig ☐ wichtig ☐ sehr wichtig

21. Hat Lärmvermeidung oder -minderung bei der Anschaffung oder Nutzung der folgenden Produktklassen eine Rolle gespielt?

Kraftfahrzeug	nein	ja	trifft nicht zu
Haushaltsgeräte	nein	ja	trifft nicht zu
Werkzeug	nein	ja	trifft nicht zu
Gartengeräte	nein	ja	trifft nicht zu
Elektronik und Unterhaltungsmedien	nein	ja	trifft nicht zu

22. Welche der folgenden Farben werden nicht mit Wasser assoziiert?

Wählen Sie alle Antworten aus, die keine Wasserfarbe sind, um zu zeigen, dass Sie aufmerksam sind.

- ☐ orange
- ☐ blau
- ☐ rot
- ☐ türkis
- ☐ gelb

23. Wie wichtig sind die folgenden Faktoren für den Kauf eines Produktes für Sie persönlich?

Bitte sortieren Sie die Themen von oben (wichtig) nach unten (unwichtig).

Langlebigkeit	Umweltverträglichkeit	1
hohe Funktionalität	geringe Produktlautstärke	2
niedriger Preis	visuelles Design	3
		4
		5
		6

24. „Für besonders lärmarme Produkte gebe ich gern mehr Geld aus, denn davon profitieren alle.“

☐
 Ich kann zu dieser Frage keine Angabe machen

stimmt gar nicht
stimmt eher nicht
stimmt eher
stimmt genau

25. Wie oft benutzen Sie die folgenden Verkehrsmittel?

Zufußgehen (Strecken > 1 km)	nie	seltener als 1 mal pro Monat	einmal bis mehrmals im Monat	mehrmals wöchentlich	täglich
Fahrrad	nie	seltener als 1 mal pro Monat	einmal bis mehrmals im Monat	mehrmals wöchentlich	täglich
ÖPNV	nie	seltener als 1 mal pro Monat	einmal bis mehrmals im Monat	mehrmals wöchentlich	täglich
Kraftrad	nie	seltener als 1 mal pro Monat	einmal bis mehrmals im Monat	mehrmals wöchentlich	täglich
Pkw (eigenes Fahrzeug)	nie	seltener als 1 mal pro Monat	einmal bis mehrmals im Monat	mehrmals wöchentlich	täglich
Pkw (gemietet / Car-Sharing)	nie	seltener als 1 mal pro Monat	einmal bis mehrmals im Monat	mehrmals wöchentlich	täglich
Van / Bus	nie	seltener als 1 mal pro Monat	einmal bis mehrmals im Monat	mehrmals wöchentlich	täglich
Sportwagen	nie	seltener als 1 mal pro Monat	einmal bis mehrmals im Monat	mehrmals wöchentlich	täglich
Geländewagen / SUV / Pick-up	nie	seltener als 1 mal pro Monat	einmal bis mehrmals im Monat	mehrmals wöchentlich	täglich

26. Wenn Sie es sich frei aussuchen könnten, was würden Sie als Ihr primäres Verkehrsmittel wählen?

- ☐ Zu Fuß gehen
- ☐ Fahrrad
- ☐ ÖPNV
- ☐ Kraftrad
- ☐ Pkw (eigenes Fahrzeug)
- ☐ Pkw (zur Miete / Car-Sharing)
- ☐ Van / Bus
- ☐ Sportwagen
- ☐ Geländewagen / SUV / Pick-up

27. Wenn Sie es sich frei aussuchen könnten, würden sie lieber ein Elektro-Auto oder ein Kraftfahrzeug mit Verbrennungsmotor fahren?

- ☐ Elektro-Auto
- ☐ Kraftfahrzeug mit Verbrennungsmotor
- ☐ mir egal

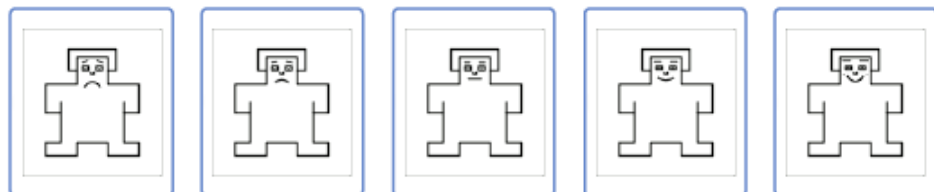
28. Wie sehr sind/wären die Beschleunigung und die Maximalgeschwindigkeit eines Fahrzeuges ein Kaufkriterium für Sie?

0 = keine Bedeutung, 5 = extrem wichtig



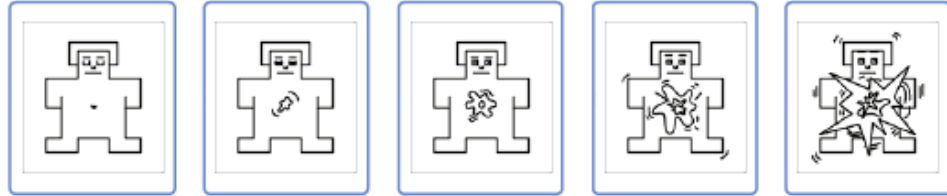
29. Welche Abbildung entspricht am ehesten der Empfindung, die Sie erleben, wenn Sie mit einem Kraftfahrzeug stark beschleunigen?

Wenn Sie sich dabei unglücklich/unzufrieden fühlen, kreuzen Sie bitte den linken Teil an. Wenn Sie sich dabei glücklich/zufrieden fühlen, kreuzen Sie bitte den rechten Teil an. Wenn Sie sich neutral fühlen, kreuzen Sie bitte das mittlere Bild an.



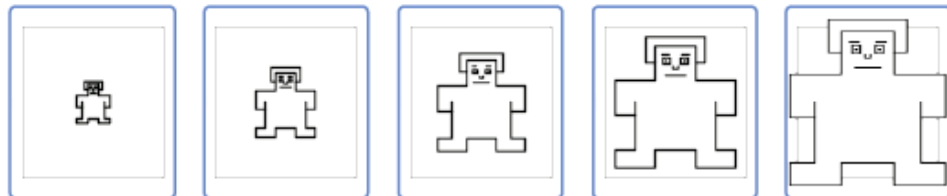
30. Welche Abbildung entspricht am ehesten der Empfindung, die Sie erleben, wenn Sie mit einem Kraftfahrzeug stark beschleunigen?

Wenn Sie sich dabei ruhig/nicht erregt fühlen, kreuzen Sie bitte den linken Teil an. Wenn Sie sich dabei erregt oder aufgeregt fühlen, kreuzen Sie bitte den rechten Teil an. Wenn Sie sich neutral fühlen, kreuzen Sie bitte das mittlere Bild an.



31. Welche Abbildung entspricht am ehesten der Empfindung, die Sie erleben, wenn Sie mit einem Kraftfahrzeug stark beschleunigen?

Wenn Sie sich dabei von außen kontrolliert/beeinflusst fühlen, kreuzen Sie bitte den linken Teil an. Wenn Sie sich dabei unkontrolliert/einflussreich fühlen, kreuzen Sie bitte den rechten Teil an. Wenn Sie sich neutral fühlen, kreuzen Sie bitte das mittlere Bild an.



32. Welcher Smiley beschreibt am besten Ihre Emotion beim Hören eines auf Klangqualität optimierten, sportlichen Verbrenners?

Hier ein Geräuschbeispiel:

0:00 / 0:00



33. Sind Sie im Besitz eines eigenen Kraftfahrzeuges?

Mehrfachantworten möglich

- ☐ Pkw
- ☐ Kraftrad
- ☐ Lkw
- ☐ Zugmaschine
- ☐ Kraftomnibus
- ☐ Sonstige Kraftfahrzeuge

☐ nein

34. Welche Kraftstoffart verwendet Ihr Kraftfahrzeug?

Mehrfachantworten möglich

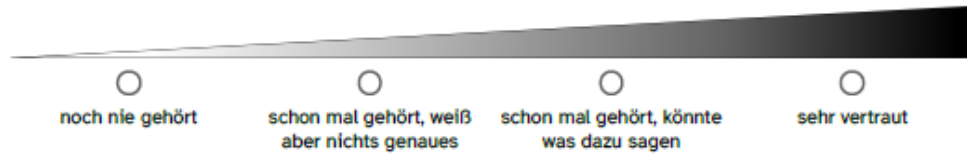
- ☐ Benzin
- ☐ Diesel
- ☐ Hybrid
- ☐ Elektro
- ☐ Flüssiggas
- ☐ Erdgas

35. Zu welcher Fahrzeugkategorie gehört Ihr PKW?

Mehrfachantworten möglich

- ☐ Kompaktklasse
- ☐ Kleinwagen
- ☐ Mittelklasse
- ☐ SUV
- ☐ Mini
- ☐ Geländewagen
- ☐ Großraum-Van
- ☐ Obere Mittelklasse
- ☐ Sportwagen
- ☐ Wohnmobil
- ☐ Oberklasse Van

36. Wie vertraut ist Ihnen der Begriff Eco-Drive?



37. Wie sehr treffen folgende Aussagen auf Sie zu?

Ich verwende Eco-Drive regelmäßig.

überhaupt nicht	etwas	mittelmäßig	stark	äußerst	trifft nicht zu
-----------------	-------	-------------	-------	---------	-----------------

Ich will beim Autofahren/Motorradfahren möglichst wenig Lärm verursachen.

überhaupt nicht	etwas	mittelmäßig	stark	äußerst	trifft nicht zu
-----------------	-------	-------------	-------	---------	-----------------

Ich will den CO₂-Ausstoß beim Autofahren/Motorradfahren möglichst gering halten.

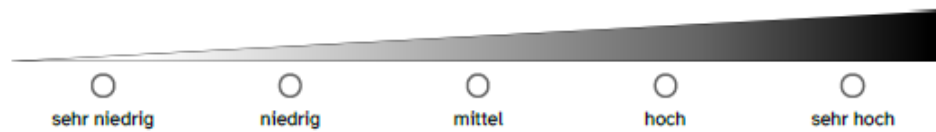
überhaupt nicht	etwas	mittelmäßig	stark	äußerst	trifft nicht zu
-----------------	-------	-------------	-------	---------	-----------------

38. Inwiefern stimmen Sie den folgenden Aussagen zu oder nicht zu?

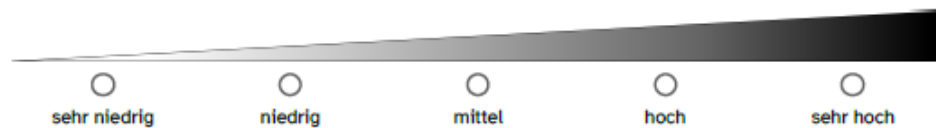
„Ich verwende Eco-Drive um...“

... Kraftstoff zu sparen.“	stimmt nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt genau	trifft nicht zu
... Lärm zu vermindern.“	stimmt nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt genau	trifft nicht zu
... Verschleiß zu verringern.“	stimmt nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt genau	trifft nicht zu
... die Umwelt zu schonen.“	stimmt nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt genau	trifft nicht zu

39. Wie schätzen Sie das Potential zur Lärminderung durch eine lärmbewusste Fahrweise von Kraftfahrzeugen ein?



40. Wie hoch schätzen Sie die Lärmbelastung durch absichtlich laute Fahrverhaltensweisen (z.B. starke Beschleunigung, Rasen, getunte Fahrzeuge)?



41. Wie lässt sich Ihrer Meinung nach eine lärmmindernde/lärmbewusste Fahrweise konkret umsetzen? Nennen Sie Beispiele oder Ideen.

42. Wie oft achten Sie auf die folgenden Aspekte beim Fahren?

Vorausschauendes Fahren

nie	selten	manchmal	oft	immer	keine Angabe
-----	--------	----------	-----	-------	--------------

Abstellen des Motors bei Stillstand

nie	selten	manchmal	oft	immer	keine Angabe
-----	--------	----------	-----	-------	--------------

Verzicht auf das Abspielen von Musik bei geöffneten Fenstern

nie	selten	manchmal	oft	immer	keine Angabe
-----	--------	----------	-----	-------	--------------

Regelmäßige Fahrzeuginstandhaltung (TÜV)

nie	selten	manchmal	oft	immer	keine Angabe
-----	--------	----------	-----	-------	--------------

Niedertouriges Fahren

nie	selten	manchmal	oft	immer	keine Angabe
-----	--------	----------	-----	-------	--------------

Vermeidung von unnötigem Hupen

nie	selten	manchmal	oft	immer	keine Angabe
-----	--------	----------	-----	-------	--------------

Regelmäßige Kontrolle des Reifendrucks

nie	selten	manchmal	oft	immer	keine Angabe
-----	--------	----------	-----	-------	--------------

43. Bewerten Sie die folgenden Situationen mit der für Sie passenden Auswahl.

Wenn ich mit einem Kraftfahrzeug spät abends nach Hause komme, fahre ich bewusst langsam und leise, um meine Nachbarn nicht zu stören.	stimmt gar nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt genau	Kann dazu keine Angabe machen.
Meine Waschmaschine braucht länger als geplant und schleudert nach 22 Uhr. Ich stelle die Maschine aus, um die Nachbarn auf keinen Fall so spät zu stören.	stimmt gar nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt genau	Kann dazu keine Angabe machen.
Ich achte beim Kauf von technischen Geräten auf die Kennzeichnung zur Geräuschemission und nutze diese Information für meine Kaufentscheidung.	stimmt gar nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt genau	Kann dazu keine Angabe machen.
Eine Person kommt zu mir ins Großraumbüro, um sich auszutauschen. Ich fühle mich unwohl, weil unser Gespräch andere im Büro stören könnte.	stimmt gar nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt genau	Kann dazu keine Angabe machen.
Im Interesse des Gemeinwohls bin ich gerne bereit, mehr Geld für lärmarme Produkte auszugeben.	stimmt gar nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt genau	Kann dazu keine Angabe machen.
Es wäre mir unangenehm, wenn ein Kind, auf das ich aufpasse, im Zugabteil laut herumtobt.	stimmt gar nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt genau	Kann dazu keine Angabe machen.
Ich achte bei Türen immer darauf, dass sie nicht laut krachend zufallen.	stimmt gar nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt genau	Kann dazu keine Angabe machen.
Wenn ich mit einem Kraftfahrzeug unterwegs bin und an einer roten Ampel mit wartenden Personen stehe, fahre ich bei Grün langsam und leise an, um die Personen nicht zu belästigen.	stimmt gar nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt genau	Kann dazu keine Angabe machen.
Wenn ich mit einer Popcorn-Tüte im Kino sitze, ist mir das Rascheln unangenehm.	stimmt gar nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt genau	Kann dazu keine Angabe machen.

44. Bitte schätzen Sie Ihr allgemeines Verhalten ein.

Wie oft beschleunigen sie bewusst stark innerorts?

nie	seltener als 1 mal pro Monat	1 bis mehrmals monatlich	mehrmals wöchentlich	täglich	Kann dazu keine Angabe machen.
-----	------------------------------------	--------------------------------	-------------------------	---------	---

Wie oft hören Sie laute Musik über Lautsprecher im Auto?

nie	seltener als 1 mal pro Monat	1 bis mehrmals monatlich	mehrmals wöchentlich	täglich	Kann dazu keine Angabe machen.
-----	------------------------------------	--------------------------------	-------------------------	---------	---

Wie oft beschleunigen sie bewusst stark ausserorts?

nie	seltener als 1 mal pro Monat	1 bis mehrmals monatlich	mehrmals wöchentlich	täglich	Kann dazu keine Angabe machen.
-----	------------------------------------	--------------------------------	-------------------------	---------	---

45. Was würden Sie schätzen: wie viel Prozent der Wachzeit ist Ihr Handy auf lautlos gestellt?

☐ ich habe alle Signalgeräusche meines Handys deaktiviert.
 ☐ 75-99%
 ☐ 50-75%
 ☐ 25-50%
 ☐ 1-25%
 ☐ nie
 ☐ Kann dazu keine Angabe machen.

46. Bitte schätzen Sie Ihr allgemeines Verhalten ein.

Wie oft hören Sie in Ihrer Wohnung laute Musik über Lautsprecher?

nie	einige Male im Jahr	1-2 Mal pro Monat	1 Mal pro Woche	mehrmals pro Woche	Kann dazu keine Angabe machen.
-----	------------------------	----------------------	--------------------	-----------------------	---

Wie oft werden Sie von Ihren Mitmenschen auf den von Ihnen verursachten Lärm hingewiesen?

nie	einige Male im Jahr	1-2 Mal pro Monat	1 Mal pro Woche	mehrmals pro Woche	Kann dazu keine Angabe machen.
-----	------------------------	----------------------	--------------------	-----------------------	---

Wie oft werden Sie im Alltag von Mitmenschen aufgefordert leiser zu sprechen?

nie	einige Male im Jahr	1-2 Mal pro Monat	1 Mal pro Woche	mehrmals pro Woche	Kann dazu keine Angabe machen.
-----	------------------------	----------------------	--------------------	-----------------------	---

47. In Bus oder Bahn bekommen Sie einen Anruf. Wie gehen Sie normalerweise vor?

- ☐ Ich gehe an das Handy wie in jeder anderen Situation auch.
- ☐ Ich gehe an das Handy und rede extra laut damit mich die anrufende Person trotz der Fahrgeräusche auch versteht.
- ☐ Ich gehe nur im Notfall an das Handy und telefoniere möglichst kurz, um andere Fahrgäste nicht zu stören.
- ☐ Ich gehe meist an das Handy, aber teile mit, dass ich in der Bahn sitze um den Anruf kurz zu halten.
- ☐ Ich kann zu dieser Frage keine Angabe machen

48. Sie setzen sich mit Ihren Freunden in einen ruhigen Bahnwagen. Wie verhalten Sie sich?

- ☐ Wir reden lauter, damit wir uns gut verstehen.
- ☐ Wir reden so laut wie immer.
- ☐ Wir reden leiser als normalerweise.
- ☐ Wir beschränken unsere Konversation auf das nötigste, wenn auch sonst in der Bahn keiner redet.
- ☐ Ich kann zu dieser Frage keine Angabe machen

49. Sie schlafen in einen Raum mit anderen Personen und müssen sehr früh aufstehen. Dafür stellen Sie einen Wecker. Wie gehen Sie vor?

- ☐ Ich stelle meinen Wecker normal und versuche ihn schnell abzuschalten.
 - ☐ Ich wähle einen unauffälligen Weckton und/oder reduziere die Lautstärke.
 - ☐ Ich stelle den Wecker auf Vibration.
-
- ☐ Ich kann zu dieser Frage keine Angabe machen

50. Sie sind mit einer Freundesgruppe an einem gut besuchten See, die Musikbox in Ihrer Mitte spielt laut Ihre gemeinsame Lieblingsmusik. Was geht Ihnen am ehesten durch den Kopf?

- ☐ Ganz schön laut – die anderen Gäste fühlen sich sicher gestört.
 - ☐ Schöne Musik!
 - ☐ Schöne Musik – den anderen Gästen gefällt die bestimmt auch!
 - ☐ Ganz schön laut – aber hier am Strand ist es ohnehin nicht leise.
-
- ☐ Ich kann zu dieser Frage keine Angabe machen

51. Im Supermarkt telefoniere ich...

- ☐ ... so leise wie möglich, um niemanden zu stören.
 - ☐ ... in derselben Lautstärke wie sonst auch.
 - ☐ ... nur wenn wenig Mitmenschen da sind.
 - ☐ ... laut und deutlich, damit mich meine Gesprächspartner verstehen.
-
- ☐ Ich kann zu dieser Frage keine Angabe machen

52. Bei Ihrem Auto ist der Auspuff kaputt. Wie lange fahren Sie damit umher?

- ☐ Ich fahre direkt in die Werkstatt
 - ☐ maximal zwei Tage
 - ☐ maximal eine Woche
 - ☐ maximal einen Monat
 - ☐ bis zum nächsten TÜV
-
- ☐ Ich kann zu dieser Frage keine Angabe machen

53. In welcher Art von Gebäude wohnen Sie?

- ☐ freistehendes Einfamilienhaus
☐ Reihenedhaus
☐ Reihemittelhaus
☐ Doppelhaushälfte
☐ Wohnung in einem mehrstöckigen Mehrfamilienhaus

☐ keine Angabe

54. Wie viele Personen wohnen in Ihrem Haushalt?

Familienmitglieder oder Mitglieder einer Wohngemeinschaft

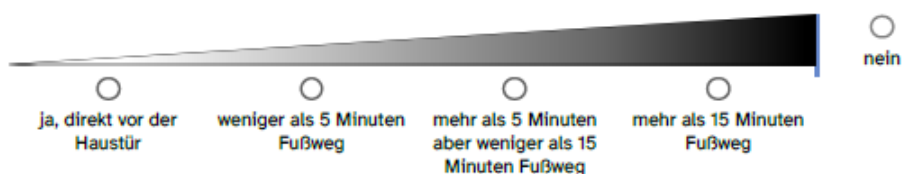
- ☐ Ich wohne alleine.
☐ 2-3
☐ 4-5
☐ 6 oder mehr

☐ keine Angabe

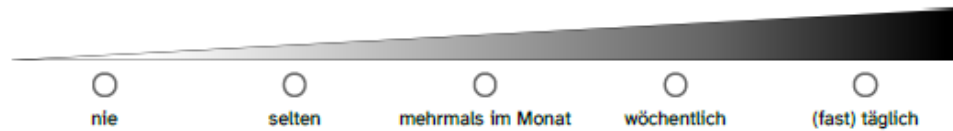
55. Wie viele Einwohner:innen hat Ihr aktueller Wohnort?

- ☐ Landgemeinde (<5.000 Einwohner:innen)
☐ Kleinstadt (<20.000 Einwohner:innen)
☐ Mittelstadt (20.000 - <100.000 Einwohner:innen)
☐ Kleine Großstadt (100.000 - <500.000 Einwohner:innen)
☐ Große Großstadt (>500.000 Einwohner:innen)

☐ keine Angabe

56. Haben Sie in unmittelbarer Nähe zu Ihrem Wohnort Zugang zu einer Grün- oder Erholungsfläche (z.B. Park, Wiese, Wald, Gewässer)?

57. Wie oft suchen Sie im Alltag mit dem Ziel der Erholung eine Grün- oder Erholungsfläche (z.B. Park, Wiese, Wald, Gewässer) auf?

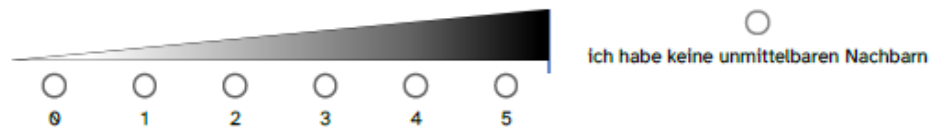


58. Steht Ihnen ein Balkon, Terrasse oder ein Garten zur Verfügung?

Balkon	nein	ja	keine Angabe
Terrasse	nein	ja	keine Angabe
Garten	nein	ja	keine Angabe
Kleingarten / Schrebergarten	nein	ja	keine Angabe

59. Schätzen Sie bitte ein wie hellhörig Ihr Wohngebäude ist.

0 – ich höre Nachbarn nie, 5 – ich verstehe regelmäßig Gespräche der Nachbarn



60. Wie laut war die Umgebung in der Sie im Kindesalter aufgewachsen sind?

Wählen Sie die Option die am ehesten auf Sie zutrifft.

- ☐ sehr ruhig (Natur)
 - ☐ ruhig (wenig befahrene Straße)
 - ☐ mittelmäßig (viele Menschen in näherer Umgebung)
 - ☐ laut (durchgängig befahrene Straße in unmittelbarer Umgebung)
 - ☐ sehr laut (Hauptstraße evtl. mit Kreuzung)
-
- ☐ wechselnde Umgebung

61. Wenn Sie an die letzten 12 Monate denken, wie stark haben Sie sich in Ihrer Wohnung durch folgende Lärmquellen gestört oder belästigt gefühlt?

Straßenverkehr	☐ überhaupt nicht	☐ etwas	☐ mittelmäßig	☐ stark	☐ äußerst
Luftverkehr	☐ überhaupt nicht	☐ etwas	☐ mittelmäßig	☐ stark	☐ äußerst
Schienenverkehr	☐ überhaupt nicht	☐ etwas	☐ mittelmäßig	☐ stark	☐ äußerst
Wasserverkehr	☐ überhaupt nicht	☐ etwas	☐ mittelmäßig	☐ stark	☐ äußerst
Industrie und Gewerbeanlagen	☐ überhaupt nicht	☐ etwas	☐ mittelmäßig	☐ stark	☐ äußerst
Nachbarschaft	☐ überhaupt nicht	☐ etwas	☐ mittelmäßig	☐ stark	☐ äußerst
Sport- Kultur- und Freizeitanlagen	☐ überhaupt nicht	☐ etwas	☐ mittelmäßig	☐ stark	☐ äußerst
Baustellenlärm	☐ überhaupt nicht	☐ etwas	☐ mittelmäßig	☐ stark	☐ äußerst

62. Wenn Sie an die letzten 12 Monate denken, wie stark haben Sie sich in Ihrer Wohnung durch folgende Lärmquellen aus der Nachbarschaft gestört oder belästigt gefühlt?

Haushaltsgeräte	☐ überhaupt nicht	☐ etwas	☐ mittelmäßig	☐ stark	☐ äußerst
Werkzeuggebrauch	☐ überhaupt nicht	☐ etwas	☐ mittelmäßig	☐ stark	☐ äußerst
Elektronische Unterhaltungsgeräte (TV, Radio ...)	☐ überhaupt nicht	☐ etwas	☐ mittelmäßig	☐ stark	☐ äußerst
Musik / Musizieren	☐ überhaupt nicht	☐ etwas	☐ mittelmäßig	☐ stark	☐ äußerst
Feiern	☐ überhaupt nicht	☐ etwas	☐ mittelmäßig	☐ stark	☐ äußerst
Haustiere	☐ überhaupt nicht	☐ etwas	☐ mittelmäßig	☐ stark	☐ äußerst
Gespräche / Stimmen / Geschrei	☐ überhaupt nicht	☐ etwas	☐ mittelmäßig	☐ stark	☐ äußerst
Schritte	☐ überhaupt nicht	☐ etwas	☐ mittelmäßig	☐ stark	☐ äußerst
Klopfen, Türknallen	☐ überhaupt nicht	☐ etwas	☐ mittelmäßig	☐ stark	☐ äußerst
Sportliche Betätigung	☐ überhaupt nicht	☐ etwas	☐ mittelmäßig	☐ stark	☐ äußerst

63. Bewerten Sie die folgenden Situationen mit der für Sie passenden Auswahl.

Wenn ich in der Stadt bin und einkaufe, überhöre ich den Straßenlärm.	stimmt gar nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt genau
Sich unterhalten macht keinen Spaß, wenn nebenbei das Radio läuft.	stimmt gar nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt genau
Ich wache beim geringsten Geräusch auf.	stimmt gar nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt genau
Am Wochenende bin ich gern an ruhigen Orten.	stimmt gar nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt genau
Ich vermeide laute Freizeitveranstaltungen wie z.B. Fußballspiele oder Jahrmärkte.	stimmt gar nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt genau
Nach einem Abend in einem lauten Lokal fühle ich mich wie ausgelaugt.	stimmt gar nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt genau
Wenn ich einschlafen will, stört mich kaum ein Geräusch.	stimmt gar nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt genau
Ich bemerke störende Lärmquellen später als andere.	stimmt gar nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt genau
Ich kann in lauter Umgebung schnell und konzentriert arbeiten.	stimmt gar nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt genau

64. Bitte geben Sie an, inwieweit sie den folgenden Aussagen zustimmen oder nicht zustimmen.

Lärm in Großstädten löst bei Tieren chronischen Stress aus und führt zu einer Veränderung ihres sozialen Verhaltens.	☐ stimme nicht zu	☐ stimme eher nicht zu	☐ stimme eher zu	☐ stimme zu	☐ weiß ich nicht
Lärm kann bei Kindern Lernverzögerungen verursachen.	☐ stimme nicht zu	☐ stimme eher nicht zu	☐ stimme eher zu	☐ stimme zu	☐ weiß ich nicht
Lärm kann die Hilfsbereitschaft von Menschen erhöhen.	☐ stimme nicht zu	☐ stimme eher nicht zu	☐ stimme eher zu	☐ stimme zu	☐ weiß ich nicht
Psychische Erkrankungen wie Depression werden durch Lärm begünstigt.	☐ stimme nicht zu	☐ stimme eher nicht zu	☐ stimme eher zu	☐ stimme zu	☐ weiß ich nicht
Lärm senkt das Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen.	☐ stimme nicht zu	☐ stimme eher nicht zu	☐ stimme eher zu	☐ stimme zu	☐ weiß ich nicht
Lärm ist nur dann gesundheitsgefährdend, wenn man sich extremen Schalldruckpegeln aussetzt.	☐ stimme nicht zu	☐ stimme eher nicht zu	☐ stimme eher zu	☐ stimme zu	☐ weiß ich nicht
Sozial benachteiligte Bevölkerungsgruppen sind durch Lärmbelastung besonders häufig betroffen.	☐ stimme nicht zu	☐ stimme eher nicht zu	☐ stimme eher zu	☐ stimme zu	☐ weiß ich nicht
Lärm in den späten Abendstunden und in der Nacht kann den Tag-Nacht-Rhythmus von Menschen und anderen Lebewesen stören.	☐ stimme nicht zu	☐ stimme eher nicht zu	☐ stimme eher zu	☐ stimme zu	☐ weiß ich nicht
Verkehrslärm kann das Wachstum von Pflanzen begünstigen und sich positiv auf ihren Hormonhaushalt auswirken.	☐ stimme nicht zu	☐ stimme eher nicht zu	☐ stimme eher zu	☐ stimme zu	☐ weiß ich nicht
Eine Gewöhnung an Lärm ist möglich. Wenn dieser ausgeblendet wird, hat er keine negativen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt.	☐ stimme nicht zu	☐ stimme eher nicht zu	☐ stimme eher zu	☐ stimme zu	☐ weiß ich nicht

65. Wie hoch schätzen Sie den Anteil der durch folgende Verkehrslärmarten belästigten Personen in Ihrem Land?

Straßenverkehrslärm	20%	40%	60%	80%	mehr als 80%
Schienenverkehrslärm	20%	40%	60%	80%	mehr als 80%
Wasserverkehrslärm	20%	40%	60%	80%	mehr als 80%
Fluglärm	20%	40%	60%	80%	mehr als 80%

66. Wie stark verändert sich die Wahrnehmung der Lautstärke einer Straße Ihrer Meinung nach, wenn ihre Geschwindigkeitsbegrenzung von 50 auf 30km/h gedrosselt wird?

- ☐ Die Lautstärke sinkt minimal, aber es ist nicht geklärt ob der Unterschied sich auf das Wohlergehen der Menschen auswirkt.
- ☐ Kein Unterschied
- ☐ Die wahrgenommene Lautstärke halbiert sich fast und hat nachgewiesene Auswirkungen auf die Gesundheit und das Wohlergehen der Menschen.
-
- ☐ weiß ich nicht

67. Wie stark wirkt sich Ihrer Meinung nach der Reifendruck auf die Lautstärke eines fahrenden Fahrzeuges aus?

- ☐ stark
- ☐ mittelmäßig
- ☐ im Vergleich zu Motorgeräuschen vernachlässigbar
- ☐ praktisch gar nicht
-
- ☐ weiß ich nicht

68. Bitte wählen Sie die Aussage, die Sie am ehesten teilen.

- ☐ Die Sache mit dem Straßenverkehrslärm wird massiv übertrieben.
- ☐ Am besten steigt man vollständig auf öffentliche Verkehrsmittel um, um die Anzahl der Fahrzeuge und deren Lärm so weit wie möglich zu reduzieren.
- ☐ Der Beitrag meines Autos zu dem durch Straßenverkehr verursachten Lärm ist vernachlässigbar.
- ☐ Straßenverkehrslärm ist zwar ein Problem, es gibt aber viel schlimmere Lärmquellen als das Auto.
- ☐ Jedes Auto auf der Straße trägt im größeren Umfang zur Verlärmung bei.

69. Inwiefern stimmen Sie den folgenden Aussagen zu oder nicht zu?

„Wenn ich ein Kraftfahrzeug fahre...“

... produziere ich für meine Umgebung Lärm.“	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu	keine Meinung
... entsteht Lärm, der einen negativen Einfluss auf die Lebensqualität anderer Menschen hat.	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu	keine Meinung
... entsteht Lärm, der Wildtiere und Vögel beeinträchtigt.“	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu	keine Meinung
... produziere ich Lärm, der die Gesundheit anderer Menschen gefährdet.“	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu	keine Meinung

70. Wie stark treffen folgende Aussagen auf Sie zu?

Ich fühle mich persönlich dafür verantwortlich, etwas für die Reduktion des Straßenlärms zu tun.

überhaupt nicht	etwas	mittelmäßig	stark	äußerst	keine Meinung
-----------------	-------	-------------	-------	---------	---------------

Ich habe ein schlechtes Gewissen, wenn ich Straßenlärm verursache.

überhaupt nicht	etwas	mittelmäßig	stark	äußerst	keine Meinung
-----------------	-------	-------------	-------	---------	---------------

Aufgrund meiner Prinzipien versuche ich, Straßenlärm zu vermeiden.

überhaupt nicht	etwas	mittelmäßig	stark	äußerst	keine Meinung
-----------------	-------	-------------	-------	---------	---------------

Ich habe die Absicht, den durch mich verursachten Straßenlärm gering zu halten.

überhaupt nicht	etwas	mittelmäßig	stark	äußerst	keine Meinung
-----------------	-------	-------------	-------	---------	---------------

Egal, was die anderen tun, ich selbst versuche, mich möglichst umweltbewusst zu verhalten.

überhaupt nicht	etwas	mittelmäßig	stark	äußerst	keine Meinung
-----------------	-------	-------------	-------	---------	---------------

71. Inwiefern stimmen Sie den folgenden Aussagen zu oder nicht zu?

„Für ausreichend Lärmschutz sollte(n)...

... Wohngebiete durch Fahrverbote tagsüber entlastet werden.	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu	keine Meinung
... Wohngebiete durch Fahrverbote nachts entlastet werden.	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu	keine Meinung
... Wohngebiete durch Geschwindigkeitsbeschränkungen entlastet werden.	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu	keine Meinung
... eine Lärmplakette (ähnlich der Umweltplakette) eingeführt werden, mittels der ein Fahrverbot für laute Fahrzeuge in bestimmten Gebieten möglich wird.	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu	keine Meinung
... lautes Fahrverhalten überwacht und geahndet werden (z.B. mit Hilfe von Lärmblichtern).	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu	keine Meinung
... laute Musik aus Fahrzeugen überwacht und geahndet werden.	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu	keine Meinung
... Radfahren finanziell belohnt werden.	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu	keine Meinung
... Bus- und Bahnfahren finanziell belohnt werden.	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu	keine Meinung
... das Zufußgehen finanziell belohnt werden.	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu	keine Meinung

72. Bitte geben Sie für jede Aussage an, in welchem Ausmaß diese auf Sie persönlich zutrifft oder nicht zutrifft.

Wenn ich sehe, dass andere in Schwierigkeiten sind, biete ich spontan meine Hilfe an.

trifft gar nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft teilweise nicht zu	trifft teilweise zu	trifft eher zu	trifft voll zu	keine Angabe
---------------------	----------------------	---------------------------	---------------------	----------------	----------------	--------------

Wenn man sich um andere kümmert, wird dies meist als Einmischung in die Privatsphäre verstanden. Am besten man hält sich da heraus.

trifft gar nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft teilweise nicht zu	trifft teilweise zu	trifft eher zu	trifft voll zu	keine Angabe
---------------------	----------------------	---------------------------	---------------------	----------------	----------------	--------------

Ich glaube, dass man auch als einzelner eine Menge bewegen kann, um anderen Menschen zu helfen.

trifft gar nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft teilweise nicht zu	trifft teilweise zu	trifft eher zu	trifft voll zu	keine Angabe
---------------------	----------------------	---------------------------	---------------------	----------------	----------------	--------------

Es lohnt sich im Grunde nicht, sich mit Problemen anderer zu belasten. Man kann sowieso nichts dagegen tun.

trifft gar nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft teilweise nicht zu	trifft teilweise zu	trifft eher zu	trifft voll zu	keine Angabe
---------------------	----------------------	---------------------------	---------------------	----------------	----------------	--------------

Als einzelner kann man an sozialen Missständen nichts ändern.

trifft gar nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft teilweise nicht zu	trifft teilweise zu	trifft eher zu	trifft voll zu	keine Angabe
---------------------	----------------------	---------------------------	---------------------	----------------	----------------	--------------

Ich kümmere mich regelmäßig um Minderheiten und/oder vulnerable Gruppen (z.B. Personen mit Migrationshintergrund, ältere Menschen, Menschen mit Behinderungen)

trifft gar nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft teilweise nicht zu	trifft teilweise zu	trifft eher zu	trifft voll zu	keine Angabe
---------------------	----------------------	---------------------------	---------------------	----------------	----------------	--------------

Ich habe einfach keine Zeit, mich um andere zu kümmern.

trifft gar nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft teilweise nicht zu	trifft teilweise zu	trifft eher zu	trifft voll zu	keine Angabe
---------------------	----------------------	---------------------------	---------------------	----------------	----------------	--------------

In meiner Freizeit möchte ich mich erholen und Spaß haben und mich nicht auch noch mit Problemen anderer belasten.

trifft gar nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft teilweise nicht zu	trifft teilweise zu	trifft eher zu	trifft voll zu	keine Angabe
---------------------	----------------------	---------------------------	---------------------	----------------	----------------	--------------

Ich kann mich nicht mit den Problemen anderer belasten; Ich habe genug mit mir selbst zu tun.

trifft gar nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft teilweise nicht zu	trifft teilweise zu	trifft eher zu	trifft voll zu	keine Angabe
------------------------	-------------------------	---------------------------------	------------------------	-------------------	----------------	-----------------

Bei meiner Arbeit ist mir vor allem wichtig, dass ich anderen Menschen helfen kann.

trifft gar nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft teilweise nicht zu	trifft teilweise zu	trifft eher zu	trifft voll zu	keine Angabe
------------------------	-------------------------	---------------------------------	------------------------	-------------------	----------------	-----------------

Seite 15

73. Möchten Sie zu dieser Befragung oder zum besseren Verständnis Ihrer Antworten noch etwas anmerken?

Ist Ihnen während der Teilnahme an dieser Befragung etwas negativ aufgefallen? Waren die Fragen an einer Stelle nicht klar oder war Ihnen die Beantwortung unangenehm? Gibt es Themen, die Ihrer Meinung nach wichtig sind, aber nicht adressiert wurden? Bitte schreiben Sie kurz ein paar Stichworte dazu.

Letzte Seite

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Wir möchten uns ganz herzlich für Ihre Mithilfe bedanken. Ihre Antworten wurden gespeichert, Sie können das Browser-Fenster nun schließen.

Sollten Sie Fragen oder weitere Anmerkungen zur Befragung haben, wenden Sie sich gerne an Cleopatra Moshona (c.moshona@tu-berlin.de).

Fachgebiet Technische Akustik, Technische Universität Berlin.

Anhang C

C.1 Daten zur Online-Befragung

Einkommen	Anzahl (absolut)	% von Gesamt
weniger als 500 €	6	1,4 %
500 € bis unter 1000 €	10	2,4 %
1000 € bis unter 2000 €	48	11,3 %
2000 € bis unter 4000 €	149	35,2 %
4000 € bis unter 8000 €	115	27,2 %
8000 € und mehr	53	12,5 %
ich will darauf nicht antworten	42	9,9 %

Tabelle 28: Häufigkeiten bezüglich der Angabe zum monatlichen Nettoeinkommen im Haushalt.

Beschäftigungsverhältnis	Anzahl (absolut)	% von Gesamt
Keine Angabe	4	0,9 %
Schüler	4	0,9 %
in Ausbildung	5	1,2 %
Student*in	37	8,7 %
Angestellte*r	308	72,8%
Beamte*r	15	3,5 %
Selbständig	27	6,4 %
Arbeitslos/arbeitsuchend	10	2,4 %
Sonstiges	13	3,1 %

Tabelle 29: Häufigkeiten bezüglich der Angabe zum Beschäftigungsverhältnis.

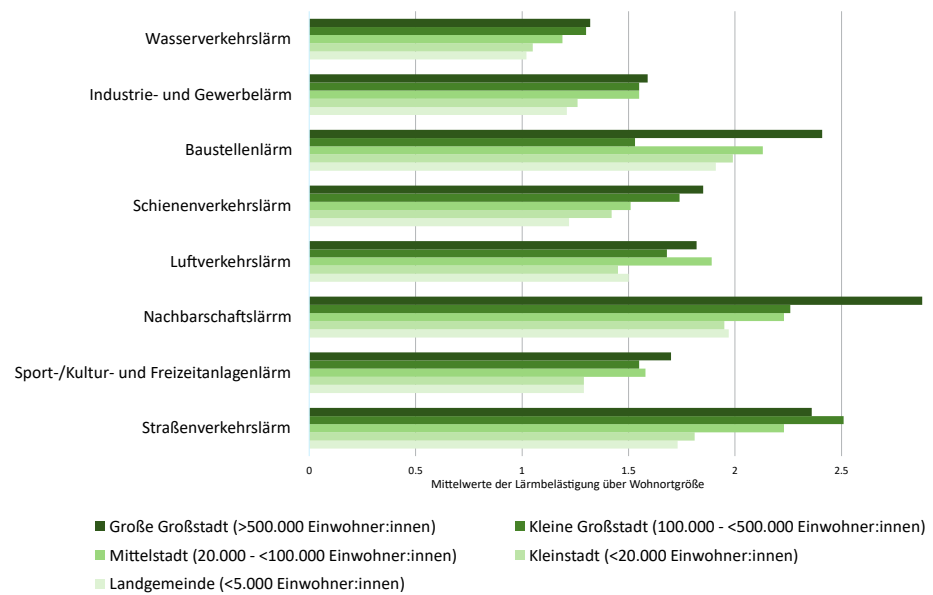


Abbildung 44: Durchschnittswert quellenbezogener Lärmbelästigung gruppiert nach Größe des Wohnortes.

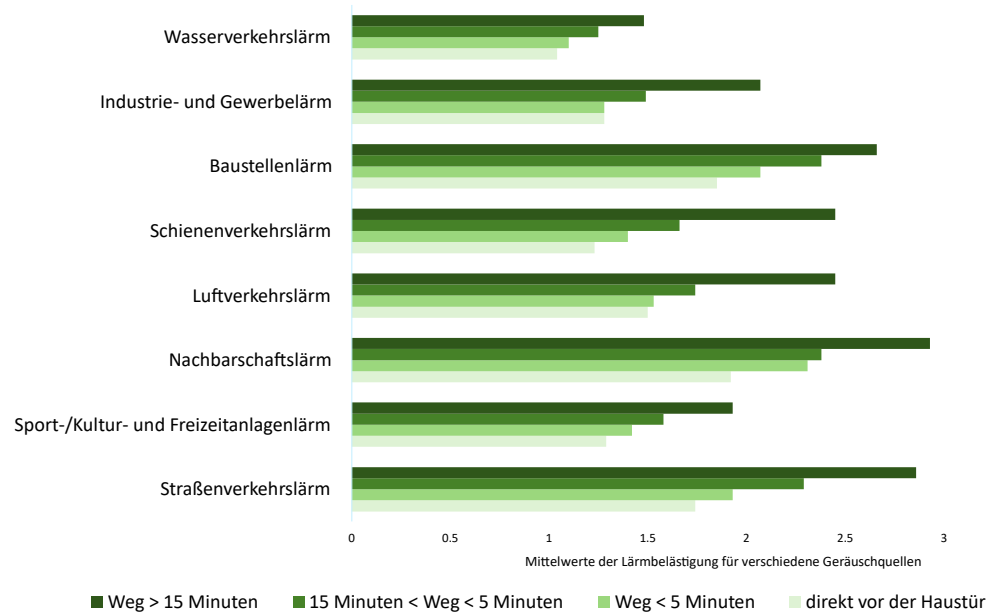


Abbildung 45: Durchschnittswert quellenbezogener Lärmbelästigung gruppiert über die Nähe zu einer Grün- oder Erholungsfläche zur Wohnung.

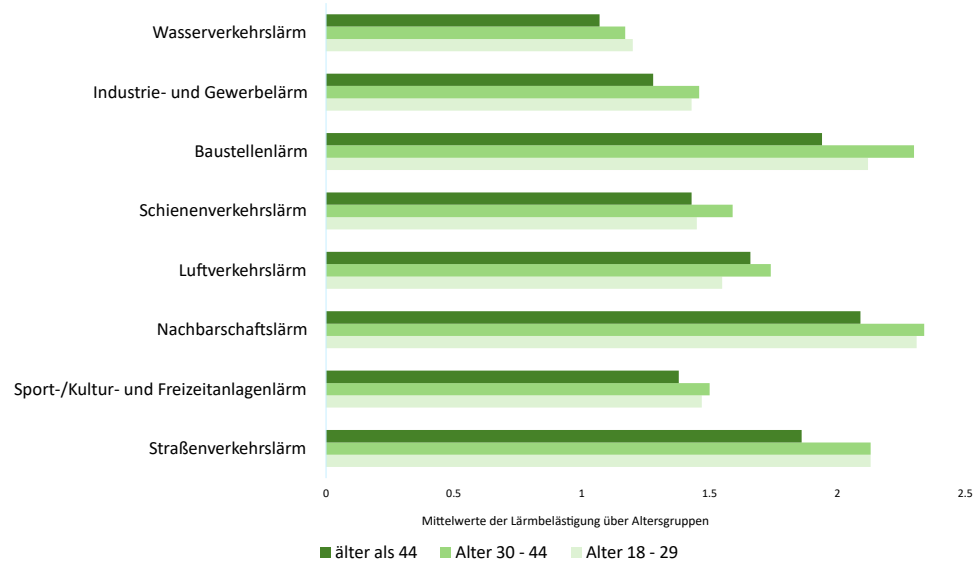


Abbildung 46: Durchschnittswert der Lärmbelästigung durch verschiedene Geräuschquellen gruppiert nach Altersgruppen.

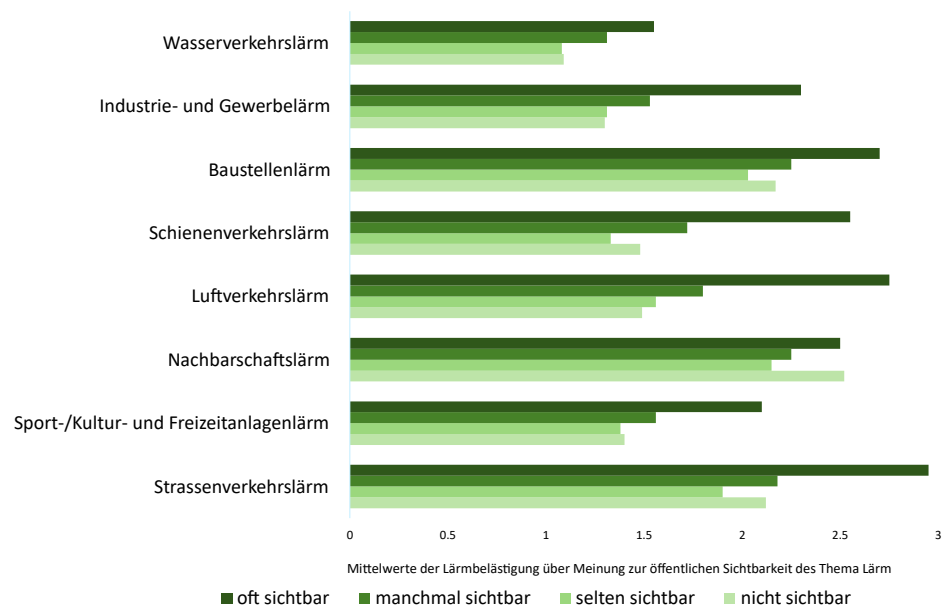


Abbildung 47: Durchschnittswert quellenbezogener Lärmbelästigung gruppiert nach Einschätzung der öffentlichen Sichtbarkeit des Themas Lärm.

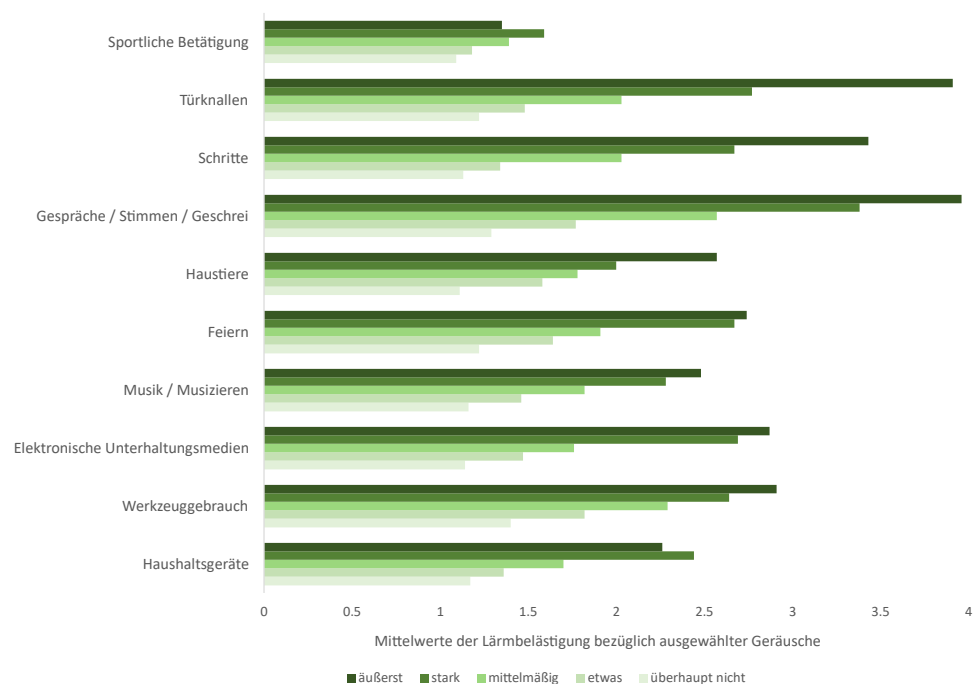


Abbildung 48: Durchschnittswert der Lärmbelästigung Mittelwerte der Lärmbelästigung bezüglich ausgewählter Geräuschereignisse durch Nachbarn gruppiert über die allgemeine Belästigung durch Nachbarschaftslärm.

Item	MW (1-5)	SD
Haushaltsgeräte	1,52	0,89
Werkzeuggebrauch	1,93	1,00
Elektronische Unterhaltungsmedien	1,62	1,02
Musik / Musizieren	1,57	1,01
Feiern	1,62	1,05
Haustiere	1,57	1,03
Gespräche / Stimmen / Geschrei	2,06	1,18
Schritte	1,66	1,09
Türknallen	1,77	1,16
Sportliche Betätigung	1,24	0,69

Tabelle 30: Arithmetischer Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) der Lärmbelästigung durch spezifische Geräuschereignisse im Kontext von Nachbarn.

Maßnahme	Cronbach's α , wenn Item exkludiert wird
Fahrverbote tagsüber	0,878
Fahrverbote nachts	0,880
Geschwindigkeitsreduzierung	0,886
Lärmplakette	0,875
Überwachung (Lärmblitzer)	0,880
Überwachung laute Musik	0,890
Belohnung von Radfahren	0,876
Belohnung von Bus- und Bahnfahren	0,877
Belohnung von Zufußgehen	0,877

Tabelle 31: Interne Konsistenzprüfung des Konstrukts „Maßnahmenakzeptanz“ und Cronbach α -Werte bei Exklusion einzelner Items (Maßnahmenvorschläge).

Werteorientierung eingebettet bei umweltbezogenen Aussagen	Cronbach's α , wenn Item exkludiert wird
Empörung über Umweltzerstörung (ALT)	0,737
Umweltfreundliche Stadtgestaltung (ALT)	0,671
Trauer über Umweltschäden (BIO)	0,660
Wirtschaftswachstum (BIO)	0,662
Einschränkungen zugunsten der Umwelt (BIO)	0,664
Verfehlung von Klimazielen (BIO)	0,665
Erneuerbare Energiequellen Wohnort (EGO)	0,733
Preiserhöhungen als Vorwand (EGO)	0,805
Anreize für umweltbewusstes Verhalten (EGO)	0,685

Tabelle 32: Interne Konsistenzprüfung und Cronbach α -Werte bei Exklusion einzelner Items im Konstrukt „Werteorientierung“, hier mittels wertebasiertem Framing eingebettet bei umweltbezogenen Aussagen bestimmt.

Anhang D

D.1 Verwendetes Messequipment

Gerät	Hersteller	Typ	Anmerkung
GPS-Empfänger	SparkFun Electronics / ublox	GPS-16481 - ZED-F9P	
GPS-Antenne	ublox	ANN-MB-00	
OBD-Adapter	diverse	ELM 327	bluetoothfähig
Notebook	Dell	Latitude 7490	
Smartphone (Feedback-Display)	Blackberry	BBD100-1	

Tabelle 33: Verwendetes Messequipment für Realversuch im Fließverkehr.

Gerät	Hersteller	Typenbezeichnung	Anmerkung
Mehrkanal-Datenerfassungskarte	Brüel & Kjær	LAN-XI 3050-A-060	
Mikrophon	Brüel & Kjær	4189-L-001	Freifeld, vorpolarisiert
Kalibrator	Brüel & Kjær	4231	
Ambisonics Mikrophon	Zylia	ZM-1	Ambisonics 3. Ordnung
Anemometer	testo	410-1	
Thermo-Hygrometer und Barometer	testo	622	
GPS-Empfänger	SparkFun Electronics / ublox	GPS-16481 - ZED-F9P	
OBD-Adapter	diverse	ELM 327	bluetoothfähig

Tabelle 34: Verwendetes Messequipment für Vorbeifahrtmessungen.

D.2 Ergänzende Ergebnisse zu Experimentaluntersuchungen

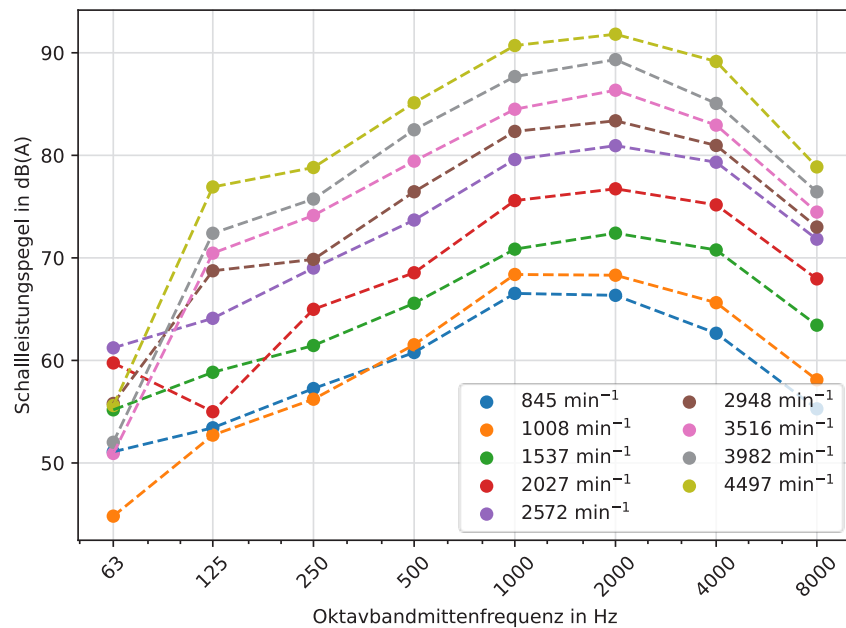


Abbildung 49: Messtechnisch ermittelte Schallleistungspegelspektren für den untersuchten PKW mit Verbrennungsmotor im Lastzustand „Leerlauf“ bei unterschiedlichen Motordrehzahlen. Die zugehörigen Messungen wurden in Anlehnung an DIN EN ISO 3746, und ohne Zunahme eines Rollenprüfstands durchgeführt. Die Schallleistungsspektren dienen primär der Abschätzung des Antriebsgeräusches des PKW für die versuchsspezifische Lärmverhaltens-Metrik innerhalb des Fahrversuches, welche in Abschnitt 4.1 beschrieben ist.

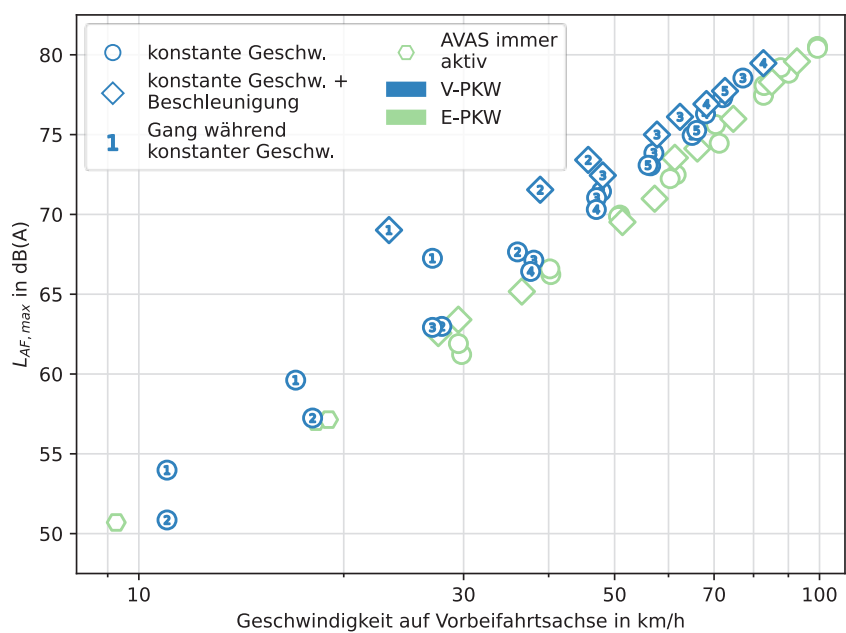


Abbildung 50: Ermittelte maximale Vorbeifahrtspegel aller validen Vorbeifahrtsmessungen an der Mikrofonposition M1 in 7,5 m Abstand zur Fahrbahnmitte und 3 m über der Fahrbahnoberfläche.

Anhang E

E.1 Akustische Parameter der Hörversuchsstimuli

Stimulus-ID	N ₅₀ nach ISO 532-1 in sone	N ₅ nach ISO 532-1 in sone	R _{mean} nach ECMA 418-2 in asper	S _{mean} nach DIN 45692 in acum	L _{Aeq} in dB(A)	L _{AFmax} in dB(A)	L _{Ceq} in dB(C)	Name
ssc_01	10,79	12,47	0,15	1,15	56,2	59,9	66,3	unauffällig
ssc_02	13,80	18,91	0,20	1,19	60,7	67,2	68,0	2 Motor- räder
ssc_03	10,88	14,82	0,22	1,17	58,4	63,5	63,1	unauffällig
ssc_04	17,34	25,83	0,23	1,31	65,0	71,5	70,2	LKW
ssc_05	11,43	23,62	0,21	1,24	61,1	69,6	74,6	unauffällig
ssc_06	14,53	37,81	0,25	1,18	70,4	84,3	84,3	Kavaliers- start
ssc_07	14,76	17,74	0,24	1,20	62,2	65,6	66,2	unauffällig
ssc_08	17,43	21,45	0,23	1,23	65,6	69,5	68,8	unauffällig
ssc_09	18,86	22,36	0,25	1,21	66,2	70,1	69,7	unauffällig
ssc_10	19,89	26,79	0,24	1,26	69,3	74,5	70,6	unauffällig
ssc_11	23,56	32,46	0,53	1,20	72,1	82,4	76,9	Kavaliers- start
ssc_12	23,33	32,13	0,29	1,13	70,6	75,0	74,8	unauffällig
ssc_13	25,85	43,78	0,29	1,19	73,6	84,7	76,6	Hupen
ssc_14	32,14	44,43	0,32	1,18	75,7	81,3	78,9	unauffällig
ssc_15	13,38	43,33	0,24	1,32	72,4	86,1	72,8	Notsirene

Tabelle 35: Berechnete akustische Parameter der verwendeten Stimuli (Straßenverkehrsszenen) im Hörversuch (siehe Kapitel 4.3)

Stimulus-ID	N ₅₀ nach ISO 532-1 in sone	N ₅ nach ISO 532-1 in sone	R _{mean} nach ECMA 418-2 in asper	S _{mean} nach DIN 45692 in acum	L _{Aeq} in dB(A)	L _{AFmax} in dB(A)	L _{Ceq} in dB(C)	Name
pb_01	11,74	20,27	0,21	1,07	60,3	66,7	70,9	E-10kmh, b
pb_02	9,56	24,19	0,19	1,15	61,5	69,0	70,3	E-30kmh, b
pb_03	10,60	28,09	0,25	1,18	63,4	70,8	71,5	E-50kmh, b
pb_04	7,49	9,00	0,28	0,83	54,2	58,7	69,0	E-10kmh, k
pb_05	9,62	15,43	0,22	0,98	57,2	63,5	70,4	E-30kmh, k
pb_06	9,72	21,71	0,24	1,15	60,2	68,0	71,9	E-50kmh, k
pb_07	11,67	26,96	0,19	1,30	62,0	70,8	75,2	Verbrenner, 10kmh-1,b
pb_08	9,27	34,16	0,21	1,27	65,2	76,1	77,0	Verbrenner- 30kmh-2, b
pb_09	11,37	35,20	0,17	1,23	65,2	74,2	77,9	Verbrenner- 50kmh-3, b
pb_10	8,51	10,96	0,06	1,44	50,8	54,6	68,5	Verbrenner- 10kmh-1, k
pb_11	6,94	8,47	0,13	1,36	48,6	51,6	64,0	Verbrenner- 10kmh-2, k
pb_12	10,84	17,52	0,24	1,36	56,8	62,7	68,5	Verbrenner- 30kmh-2, k
pb_13	9,28	15,38	0,18	1,27	55,4	61,5	69,4	Verbrenner- 30kmh-3, k
pb_14	11,06	23,11	0,22	1,20	60,7	67,5	70,3	Verbrenner- 50kmh-3, k
pb_15	9,67	21,99	0,21	1,17	59,9	67,6	69,2	Verbrenner- 50kmh-4, k

Tabelle 36: Berechnete akustische Parameter der verwendeten Stimuli im Hörversuch (siehe Kapitel 4.3). In der Spalte 'Name' ist der Betriebszustand des Fahrzeuges angegeben, welches aufgenommen wurde (k: Konstantfahrt, b: Beschleunigung – die Zahl danach ist der Gang im Fall des Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor).

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen Unterreihe „Verkehrstechnik“

2024

V 383: Analyse und Entwicklung leistungsfähiger Einfahrtstypen ohne Fahrstreifenaddition für Autobahnen

Geistefeldt, Brandenburg, Sauer

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 384: Wirksamkeit von Verkehrsbeeinflussungsanlagen – Methoden zur Untersuchung und Metaanalyse

Maier, Leonhardt, Ehm

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 385: HBS-konforme Simulation des Verkehrsablaufs auf einbahnigen Landstraßen

Geistefeldt, Hohmann, Finkbeiner, Sauer, Vortisch, Buck, Weyland, Weiser, Giuliani

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

2025

V 386: Pilothafte Anwendung des Bridge-WIM Verfahrens zur Ergänzung des Achslastmessstellennetzes

Firus, Petschacher

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 387: Akustische Wirksamkeit von Vegetation

Lindner, Schulze

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 388: Hochaufgelöste multisensorielle Verkehrsdaten in der Streckenbeeinflussung

Schwietering, Löbbeling, Weinreis, Maier, Feldges

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 389: Lärmwetter in der Praxis – Erprobung und Weiterentwicklung der Methodik zur Anwendung meteorologischer Korrekturen auf die Schallausbreitung

Skowronek, Liepert, Müller, Schady, Elsen

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 390: Wirkung von Fahrstreifenbegrenzungen an Einfahrten von Autobahnen auf das Fahrverhalten und auf die Verkehrssicherheit

Geistefeldt, Sauer, Brandenburg

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 391: Erprobung psychoakustischer Parameter für innovative Lärminderungsstrategien

Oehme, Böhm, Horn, Pourpart, Schweidler, Weinzierl, Fiebig, Schuck

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 392: Evaluierung der Wirksamkeit bestehender Überflughilfen für Fledermäuse an Straßen

Albrecht, Reers, Scharf, Grimm, Radford, Namyslo, Günther, Martin, Behr

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 393: Optimierung der Abstände von Anzeigequerschnitten und Messquerschnitten in Streckenbeeinflussungsanlagen

Schwietering, Löbbeling, Abarghooie, Geistefeldt, Marnach

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 394: Optimierte Steuerungsstrategien für Lichtsignalanlagen durch die Berücksichtigung der Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation (C2X)

Schendzielorz, Schneider, Künzelmann, Sautter, Höger

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 395: Empfehlungen zur Breite von hochfrequentierten Radverkehrsanlagen unter Berücksichtigung der Verkehrsqualität

Geistefeldt, Brandenburg, Vortisch, Buck, Zeidler, Baier

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 396: Wirkung von Behandlungsanlagen der Straßenentwässerung im Hinblick auf AFS63

Rüter, Grotehusmann, Lambert

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 397: Gestaltung innerörtlicher Verkehrswegenetze

Friedrich, Wohnsdorf, Gerike, Koszowski, Baier, Wothge

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 398: Verfahren für die Engpass- und Mängelanalyse im städtischen Hauptverkehrsstraßennetz

Vortisch, Buck, Fuchs, Grau, Friedrich, Hoffmann, Lelke, Baier

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 399: Detektion von Radfahrern im signalgeregelten Bereich von Knotenpunkten in Verbindung mit Absetzung einer Warnmeldung für Kraftfahrzeuge

Kaiser, Schade, Czogalla, Abboud, Mischke

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 400: Aktualisierung der Verfahren zur Bewertung der Verkehrsqualität an Knotenpunkten mit LSA

Geistefeldt, Wu, Schmitz, Vieten, Stephan

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 401: Verflechtungsstrecken zwischen Knotenpunkten an Autobahnen

Geistefeldt, Brandenburg, Sauer, Vortisch, Buck, Baumann, Grau

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 402: Qualitätsgerechte Bewertung der LSA-Steuerung für den ÖPNV

Schmidt, Sommer, Briegel, Lambrecht

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 403: Ermittlung von Grundlagen und Bewertungsmethoden einer Ökobilanz des Straßenwinterdienstes

Quack, Liu, Götzfried, Gartiser

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 404: Erfassung der Lang-Lkw im Grenzbereich zu den Niederlanden und der Bundesrepublik Deutschland

Kathmann, Müller, Kass, Kass

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 405: Das Potenzial von Verkehrsnebenflächen zur Förderung der Biodiversität und ihre Rolle bei der Ausbreitung gebietsfremder Arten - Untersuchungsraum Berlin

Schleicher, Zippelius, Frey, Kapke, Höfers, Feldmann, Baufeld, Engler, Kleyer

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 406: Verhaltensbezogene Lärminderungsmaßnahmen – Untersuchung des Potenzials von verhaltensbezogenen Lärminderungsmaßnahmen in der Praxis

Conter, Czuka, Fiebig, Moshona

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

Fachverlag NW in der Carl Ed. Schünemann KG

Zweite Schlachtpforte 7 · 28195 Bremen

Telefon (04 21) 3 69 03 - 0 · E-Mail: kontakt@schuenemann-verlag.de

Alternativ können Sie alle lieferbaren Titel auch auf unserer Website finden und bestellen.

www.schuenemann-verlag.de

Alle Berichte, die nur in digitaler Form erscheinen, können wir auf Wunsch als »Book on Demand« für Sie herstellen.



ISSN 0943-9331
ISBN 978-3-95606-871-3
<https://doi.org/10.60850/bericht-v406>

www.bast.de