



AWK Group

Enabling digital performance.

Bericht

Akzeptanz aktueller Fussgängerhinweissysteme (AVAS) in der Schweizer Bevölkerung

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

06.03.2023, Projekt-Nr. 125460904



Impressum

Auftraggeber:	Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abt. [Lärm und NIS], CH-3003 Bern Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).
Auftragnehmer:	AWK Group / seit Januar 2023: Eraneos Switzerland AG
Autor:	Baton Shala
Begleitung BAFU:	Alexia Roschi, Sophie Hoehn
Hinweis:	Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Versionen

Version	Datum	Wichtigste Änderungen	Verantwortlich
V1.0	06.03.2023	Schlussbericht nach Review durch Auftraggeberin	B. Shala / E. Hammer



Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
Summary	6
Résumé	7
1. Einleitung.....	9
1.1. Ausgangslage.....	9
1.2. Ziele des Projekts	10
1.3. Methodik.....	11
1.3.1. Literaturrecherche	11
1.3.2. Akzeptanztest.....	11
2. Analyse.....	12
2.1. Grundlagen zur Richtlinie.....	12
2.2. Literaturrecherche.....	12
2.2.1. Geräuschemissionen im Vergleich: Elektromotor (EV) vs. Verbrennungsmotor (ICE)	12
3. Konzept	15
3.1.1. Testszenarien.....	15
3.1.2. Auswahl der Elektrofahrzeuge.....	16
3.1.3. Fragebögen.....	17
3.1.4. Kontaktaufnahme mit den Teilnehmern und Teilnehmerinnen.....	18
4. Durchführung & Ergebnisse.....	20
4.1. Durchführung des Akzeptanztests	20
4.1.1. Teststrecke und Teilnehmende	20
4.1.2. Testszenarios.....	21
4.1.3. Durchführung Testszenario «Um die Ecke fahren»	22
4.2. Ergebnisse des Akzeptanztests.....	23
4.2.1. Ergebnisse Fragebogen Tempo 30	23
4.2.2. Ergebnisse Szenario Parkieren	31
4.2.3. Ergebnisse Fragebogen «Um die Ecke biegen».....	40
5. Diskussion	46
6. Fazit	48
Referenzierte Dokumente	49
Danksagung.....	50
Anhang	51
A.1. Fragebogen Szenario «Tempo 30».....	51
A.2. Fragebogen Szenario «Parkieren»	52
A.3. Fragebogen Szenario «Um die Ecke biegen»	53



Zusammenfassung

Seit dem 1. Juli 2021 müssen alle neu zugelassenen Elektro- und Hybridfahrzeuge verpflichtend über ein «Acoustic Vehicle Alerting System (AVAS)» verfügen.

Mit der EU-Regelung soll sichergestellt werden, dass insbesondere Elektrofahrzeuge von Fussgängern, Radfahrern und anderen gefährdeten Anspruchsgruppen besser wahrgenommen werden können und somit für mehr Sicherheit im Strassenverkehr sorgen. Im Hinblick auf das Klangbild soll das AVAS-Geräusch andere Verkehrsteilnehmer an den Klang eines Fahrzeugs erinnern, weshalb etwa Melodien als Fahrgeräusch verboten sind.

Das AVAS kann jedoch je nach Höhe der Frequenz und Lautstärkepegel für das menschliche Gehör auch als störend empfunden werden. Zudem werden unstete Geräusche, welche beispielsweise bei einigen Autos mit AVAS für die Rückwärtsfahrt eingesetzt werden, generell als störend wahrgenommen.

Das beschriebene Spannungsfeld zwischen Sicherheit und Lärmschutz bildete den Ausgangspunkt des Projekts «Leise Fussgängerhinweissysteme» [10]. Im vorangehenden Projekt, welches durch das Bundesamt für Umwelt (BAFU, Abteilung Lärm und nichtionisierende Strahlung) beauftragt wurde, standen Alternativen für das AVAS im Vordergrund.

Die Ergebnisse der letzten Studie haben auch gezeigt, dass viele Menschen in der Schweiz bis zu diesem Zeitpunkt noch nie bewusst ein akustisches Signal eines Elektrofahrzeugs gehört haben. Im Rahmen dieses Projekts soll nun die Akzeptanz verschiedener Hinweissignalen unterschiedlicher Hersteller untersucht werden.

Die Gliederung des Berichts entspricht dem Vorgehen im Projekt mit den Phasen: 1) Analyse (Literatur- und Trendrecherche), 2) Konzept (Konzeption Testszenarien, Entwicklung Fragekataloge) und 3) Durchführung & Ergebnisse (Durchführung der Testszenarien und der qualitativen Befragung, Evaluation der Ergebnisse).

Phase 1 «Analyse» beinhaltete eine umfassende Literatur- und Trendrecherche über die aktuelle Sachlage zu internationalen Richtlinien und den Gesetzen rund um das Thema AVAS. Zudem wurden auch weitere Themen wie die mögliche Einführung eines Hinweissignales für zweirädrige Fahrzeuge wie E-Bikes oder E-Trottinets analysiert.

Im Rahmen von Phase 2 «Konzept» wurden in gemeinsamer Arbeit mit dem BAFU verschiedene Testszenarien und Fragen ausgearbeitet, um eine realitätsnahe Situation zu schaffen und dadurch die Akzeptanz der Teilnehmer und Teilnehmerinnen gegenüber den AVAS einschätzen zu können. Ergebnis aus der Phase waren drei verschiedene reale Testszenarien und dazugehörige Fragebögen. Insgesamt wurden zu vier verschiedenen Autos 36 unterschiedliche Fragen beantwortet.

In der dritten Phase «Durchführung & Ergebnisse» wurden die Testszenarien mit 19 eingeladenen Teilnehmer und Teilnehmerinnen auf einer Teststrecke in Seelisberg durchgeführt. Dabei wurde das AVAS von Volkswagen eUp, ID.3, Tesla Model 3 und Aways U5 auf die Akzeptanz der Teilnehmer und Teilnehmerinnen überprüft.

Es hat sich u.a. gezeigt, dass das AVAS für alle Teilnehmer und Teilnehmerinnen des Akzeptanztests für eine erhöhte Sicherheit auf dem Strassenverkehr sorgt und dass die heute vorhandenen Hinweissignale eher angenehm als störend empfunden werden.

Zudem hat sich innerhalb unserer Tests gezeigt, dass ein AVAS sowohl blinde als auch sehende Teilnehmer und Teilnehmerinnen bei der Gefahrenwarnung und Orientierung im Strassenverkehr helfen kann.



Ein weiteres Ergebnis aus den Akzeptanztests ist auch die Einigkeit zu sogenannten «emotionalen Geräuschen» wie beispielsweise dem «Tesla Horn». Das Tesla Horn ist eine Hupe von der Marke Tesla, welches auch im Tesla Model 3 verbaut wurde. Diese Hupe wurde im Akzeptanztest getestet und von allen Testteilnehmer und -teilnehmerinnen als störend und unnötig empfunden.



Summary

Since 1 July 2021, all newly registered electric and hybrid vehicles must be equipped with an "Acoustic Vehicle Alerting System (AVAS)".

The EU regulation is intended to ensure that electric vehicles in particular can be better perceived by pedestrians, cyclists and other vulnerable stakeholders and thus ensure greater safety in road traffic. With regard to the sound image, the AVAS sound should remind other road users of the sound of a vehicle, which is why melodies, for example, are prohibited as a driving sound.

However, depending on the frequency and volume level, AVAS can also be perceived as annoying to the human ear. In addition, unsteady sounds, such as those used by an AVAS for reversing, are generally perceived as disturbing.

The described tension between safety and noise protection was the starting point for the project "Leise Fussgängerhinweissysteme" [10]. In the previous project, which was commissioned by the Federal Office for the Environment (FOEN, Noise and Non-Ionising Radiation Division), the focus was on alternatives for the AVAS.

However, the results of the last study also showed that many people in Switzerland had never before analyzed an acoustic signal of an electric car in detail. Within the framework of this project, the acceptance of different cue signals from different manufacturers will now be investigated.

The structure of the report corresponds to the procedure in the project with the phases: 1) analysis (literature and trend research), 2) concept (conception of test scenarios, development of questionnaires) and 3) implementation & results (implementation of the test scenarios and the qualitative survey, evaluation of the results).

Phase 1 "Analysis" included a comprehensive literature and trend research on the current state of affairs regarding international guidelines and the laws surrounding the topic of AVAS. In addition, other topics such as the possible introduction of a sign for two-wheeled vehicles such as e-bikes or e-scooters were analyzed.

As part of phase 2 "Concept", various test scenarios and questions were developed in collaboration with the Federal Office for the Environment (FOEN) in order to create a realistic situation and thus to be able to assess the participants' acceptance of AVAS. The result of this phase was three different real test scenarios and the corresponding questionnaires. A total of 36 different questions were answered for four different cars.

The test scenarios were carried out in the third phase "Implementation & Results" with 19 invited participants on a test track in Seelisberg. The AVAS of a Volkswagen eUp and an ID.3, as well as a Tesla Model 3 and an Aways U5 were tested for acceptance by the participants.

It was shown, among other things, that the AVAS provides increased safety on the road for all participants in the acceptance test and that the currently available information signals are perceived as pleasant rather than annoying.

In addition, our tests showed that an AVAS can help both blind and sighted participants with hazard warning and orientation in road traffic.

Another result of the acceptance tests is the agreement on so-called "emotional sounds" such as the "Tesla Horn". The Tesla Horn (Boombox) is a horn from the Tesla brand, which was also installed in the Tesla Model 3. This horn was tested in the acceptance test and found to be annoying and unnecessary by all test participants.



Résumé

Depuis le 1er juillet 2021, tous les véhicules électriques et hybrides nouvellement immatriculés doivent obligatoirement disposer d'un "Acoustic Vehicle Alerting System (AVAS)".

La réglementation de l'UE vise à garantir que les véhicules électriques, en particulier, soient mieux perçus par les piétons, les cyclistes et les autres acteurs vulnérables concernés et qu'ils contribuent ainsi à une plus grande sécurité routière. En ce qui concerne l'image sonore, le bruit de l'AVAS doit rappeler aux autres usagers de la route le son d'un véhicule, raison pour laquelle les mélodies sont interdites comme bruit de roulement.

Toutefois, selon la fréquence et le niveau sonore, l'AVAS peut également être perçu comme gênant pour l'oreille humaine. De plus, les bruits discontinus, tels que ceux utilisés par un AVAS pour la marche arrière, sont généralement perçus comme gênants.

Les tensions divergences décrites entre la sécurité et la protection contre le bruit ont constitué le point de départ du projet "Leise Fussgängerhinweissysteme" [10]. Ce précédent projet, mandaté par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV, division Lutte contre le bruit et rayonnements non ionisants), mettait l'accent sur des alternatives aux AVAS.

Les résultats de cette dernière étude ont toutefois également montré que de nombreuses personnes en Suisse n'avaient jusqu'alors jamais entendu consciemment un signal acoustique d'un véhicule électrique. Dans le cadre de ce projet, il s'agit maintenant d'étudier l'acceptation de différents signaux d'avertissement de différents fabricants.

La structure du rapport correspond à la marche à suivre du projet composée des phases suivantes : 1) analyse (recherche de la littérature et des tendances), 2) concept (conception de scénarios de test, développement de catalogues de questions) et 3) réalisation & résultats (réalisation des scénarios de test et de l'enquête qualitative, évaluation des résultats).

La phase 1 "Analyse" a consisté en une recherche exhaustive de la littérature et des tendances sur la situation actuelle des directives internationales et des lois relatives aux AVAS. D'autres thèmes ont également été analysés, comme l'introduction éventuelle d'un signal d'avertissement pour les véhicules à deux roues tels que les vélos ou les trottinettes électriques.

Dans le cadre de la phase 2 "Concept", différents scénarios de test et questions ont été élaborés en collaboration avec l'OFEV afin de créer une situation proche de la réalité et de pouvoir ainsi évaluer l'acceptation des AVAS par les participants et participantes. Cette phase a abouti à trois scénarios de test réels différents et aux questionnaires correspondants. Au total, 36 questions différentes ont été posées pour quatre voitures différentes.

Les scénarios de test ont été réalisés lors de la 3^{ème} phase "Réalisation & résultats" avec 19 participants et participantes invités sur une piste d'essai à Seelisberg. Les AVAS d'une Volkswagen eUp, d'une ID.3, d'une Tesla Model 3 et ainsi que d'une Aways U5 ont été testés pour vérifier l'acceptation par les participants et participantes.

Il s'est avéré, entre autres, que l'AVAS assure une sécurité accrue sur la route pour tous les participants et participantes aux tests d'acceptation et que les signaux d'avertissement existants sont plutôt perçus comme agréables que gênants.

De plus, nos tests ont montré qu'un AVAS peut aider aussi bien les participants et participantes aveugles que voyants et voyantes à s'orienter et à être avertis des dangers dans la circulation routière.

Un autre résultat des tests d'acceptation est le consensus sur les "bruits émotionnels" comme le "Tesla Horn". La Tesla Horn est un klaxon de la marque Tesla, qui a également été installé sur la



Tesla Model 3. Ce klaxon a été testé dans le cadre des tests d'acceptation et tous les participants et participantes aux tests l'ont trouvé gênant et inutile.



1. Einleitung

1.1. Ausgangslage

Immer mehr Elektrofahrzeuge sind auf den Strassen der Schweiz unterwegs. Seit dem 1. Juli 2021 müssen die Hybrid- und Elektrofahrzeuge ein Hinweissignal erzeugen, um damit Fussgänger und Fussgängerinnen und weitere Verkehrsteilnehmer und -teilnehmerinnen auf sich aufmerksam zu machen. Dafür ist eine Richtlinie der Europäischen Union (Verordnung Nr. 540/2014) [3] verantwortlich, welche von der Schweiz übernommen wurde [14]. Der Einfachheit halber werden in diesem Bericht die Hybridfahrzeuge (mit Elektromotor und einem weiteren Antrieb) und reinen Elektrofahrzeuge nachfolgend als Elektrofahrzeuge benannt.

Elektrofahrzeuge, welche zu einer ruhigeren Verkehrssituation führen, müssen also mit zusätzlichen Hinweissignalen ausgestattet werden. Die Ausstattung der ruhigen Elektrofahrzeuge mit zusätzlichen Hinweissignalen kann kontrovers betrachtet werden.

Auf einer Seite stehen Menschen in Wohnquartieren und ruhigeren Gebieten, welche sich durch künstlich erzeugte Geräusche in Elektrofahrzeugen gestört fühlen können. Jedoch gibt es auch seh- und hörbeeinträchtigte Personen, welche genau auf diese zusätzlichen Geräusche angewiesen sind, um sich sicher im Strassenverkehr bewegen zu können.

Mit diesem Thema hat sich auch eine Studie befasst, welche im Jahr 2020 von der AWK Group AG im Auftrag des Bundesamtes erstellt worden ist. Damals wurden Alternativen zu den jetzt sehr verbreiteten Hinweissignalen erforscht. Die Ergebnisse sind über das Bundesamt für Umwelt zu erhalten.

Das beschriebene Spannungsfeld Sicherheit und Lärmschutz ist jedoch weiterhin ein diskutiertes Thema und bildet den Ausgangspunkt des Projekts «Akzeptanz aktueller Fussgängerhinweissysteme (AVAS) in der Schweizer Bevölkerung», welches durch das Bundesamt für Umwelt (BAFU, Abteilung Lärm und nichtionisierende Strahlung) beauftragt wurde.

Im Rahmen des Projekts sollten aktuelle Fussgängerhinweissysteme (AVAS) auf die Akzeptanz in der Schweizer Bevölkerung überprüft werden. Die Erkenntnisse werden im vorliegenden Bericht zusammengefasst.



1.2. Ziele des Projekts

Das Projekt «Akzeptanz aktueller Fussgängerhinweissysteme (AVAS) in der Schweizer Bevölkerung» verfolgte folgende Ziele:

- Eine Auswahl, der heute auf dem Markt vorhandenen AVAS, sind auf Akzeptanz in der Bevölkerung überprüft
- Mit den unterschiedlichen AVAS wird die Mehrheitsfähigkeit auf Basis verschiedener Verkehrsszenarien evaluiert
- Die zuschaltbaren Geräusche, welche in einigen Elektrofahrzeugmodellen Emotionen garantieren sollen, sind auf deren Kundenbedürfnis geprüft und notwendige Anpassungen am Gesetzestext, um die Verhinderung «emotionaler» AVAS sind identifiziert



1.3. Methodik

Um die in Kapitel 1.2 dargestellten Ziele zu erreichen wurde ein zweigliedriges Vorgehen gewählt.

In einem ersten Schritt wurde der Status Quo im Rahmen einer Literaturrecherche (siehe Kapitel 1.3.1) erarbeitet, deren Ergebnisse die theoretische Basis für die Akzeptanztests darstellen sollen.

Im zweiten Schritt folgte die Befragung der Teilnehmer und Teilnehmerinnen innerhalb eines Akzeptanztests. Das Ziel dieser Befragung unterschiedlicher Teilnehmer und Teilnehmerinnen war es, die Akzeptanz von künstlich generierten Hinweissignalen von aktuellen auf dem Markt erhältlichen Elektrofahrzeugen durch die Schweizer Bevölkerung zu evaluieren.

1.3.1. *Literaturrecherche*

In der vergangenen Studie war das Ziel der Literatur- und Trendrecherche, ein Bild der aktuellen Informationslage sowohl zu der EU-Regelung sowie Funktion und Verbreitung des AVAS zu schaffen[10].

Diese Studie greift auf einige Ergebnisse aus der vergangenen Literaturrecherche zurück hinsichtlich der Lautstärke und Tonalität von Elektrofahrzeugen. Diese Ergebnisse befinden sich in detaillierter Form in Kapitel 2.

Für die Literaturrecherche wurde u.a. auf Publikationen und Medien verschiedener Hochschulen und Universitäten zurückgegriffen. Darüber hinaus wurde auch nach qualitativer Literatur oder aktuellen Studien oder OpenData über Google Scholar, ResearchGate recherchiert.

1.3.2. *Akzeptanztest*

Mithilfe des Akzeptanztests soll die Akzeptanz der Schweizer Bevölkerung auf verschiedene akustische Hinweissignale unterschiedlicher Fahrzeughersteller abgeholt werden.

Der Kern der Akzeptanzanalyse wurde durch Testszenarien und damit zusammenhängenden Fragebögen gebildet.

Teilnehmer und Teilnehmerinnen aus den Branchen der Akustik, Pädagogik, Fahrzeugtechnik und Blindenvereinen wurden zum Akzeptanztest eingeladen.

Der Akzeptanztest fand gemeinsam mit den eingeladenen Teilnehmern und Teilnehmerinnen auf einem Testgelände statt. Dabei wurden Fragen in den Bereichen Klang, Orientierung und Sicherheit zu den AVAS verschiedener Elektrofahrzeuge beantwortet und die entsprechenden Antworten erfasst.

Die Fragebögen wurden gemeinsam mit dem Bundesamt für Umwelt BAFU in verschiedenen Kategorien entwickelt und vor der Durchführung an den Schweizerischen Blinden- und Sehbehindertenverband (SBV) zur Vernehmlassung gesendet.

Der Aufbau der Fragebögen wird im Kapitel 3 im Detail erläutert. Die Ergebnisse der Fragebögen werden im Kapitel 4 analysiert.



2. Analyse

2.1. Grundlagen zur Richtlinie

Laut der Richtlinie der UNECE muss die akustische Warneinrichtung AVAS bei 10 km/h einen verbrennerähnlichen Ton mit 50 dB(A) und bei einer Geschwindigkeit von 20 km/h mindestens 56 dB(A) und maximal 75 dB(A) erzeugen. Bei 7.5 Meter Entfernung darf das Warngeräusch gemäss UNECE max. 66 dB(A) emittieren. Nur die beiden Geschwindigkeiten sind mit einer Frequenz in Abhängigkeit von Schalldruckpegel in dB(A) vorgeschrieben [3].

Für diese beiden Geschwindigkeiten ist vorgeschrieben, dass mindestens zwei Terzbänder eingesetzt werden müssen. Darüber hinaus muss berücksichtigt werden, dass ein Hinweissignal über weniger als 1'600 Hertz verfügen muss, damit auch Verkehrsteilnehmer und -teilnehmerinnen mit einer Hörschwäche frühzeitig auf das sich nähernde Fahrzeug aufmerksam werden [3].

Beim Beschleunigen soll sich die Tonlage von einer tiefen zu einer höheren Frequenz verändern. Für das Rückwärtsfahren sind keine Terzbänder vorgegeben, jedoch wird verlangt, dass das Fahrzeug auch beim Rückwärtsfahren einen Schalldruckpegel von minimal 47 dB(A) bei einer Entfernung von 7.5 Metern emittiert [3].

Aus der EU-Regelung geht auch hervor, dass Elektrofahrzeuge beim Stillstand kein Geräusch erzeugen müssen. In der Regelung wird keine Aussage zu zweirädrigen Fahrzeugen gemacht.

An dieser Stelle wird für weitere Details und auch Vergleichen zu anderen Richtlinien zum Thema AVAS auf die vergangene Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt verwiesen [10].

2.2. Literaturrecherche

2.2.1. Geräuschemissionen im Vergleich: Elektromotor (EV) vs. Verbrennungsmotor (ICE)

Es wurden zahlreiche Studien publiziert, in denen die Lautstärke der Elektroautos ohne AVAS mit ähnlichen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor verglichen wurden. Einige davon werden für das Grundverständnis innerhalb dieses Akzeptanztests nachfolgend zusammengefasst und diskutiert. Weitere Vergleiche und eine tiefere Literaturrecherche sind aus der letzten Studie «Geräuschoptimierte AVAS und alternative Fahrzeugerkennungssysteme» zu entnehmen.

Das Ergebnis der Studie Misdariis und Pardo [6] ist auf der folgenden Abbildung 1 zu sehen.

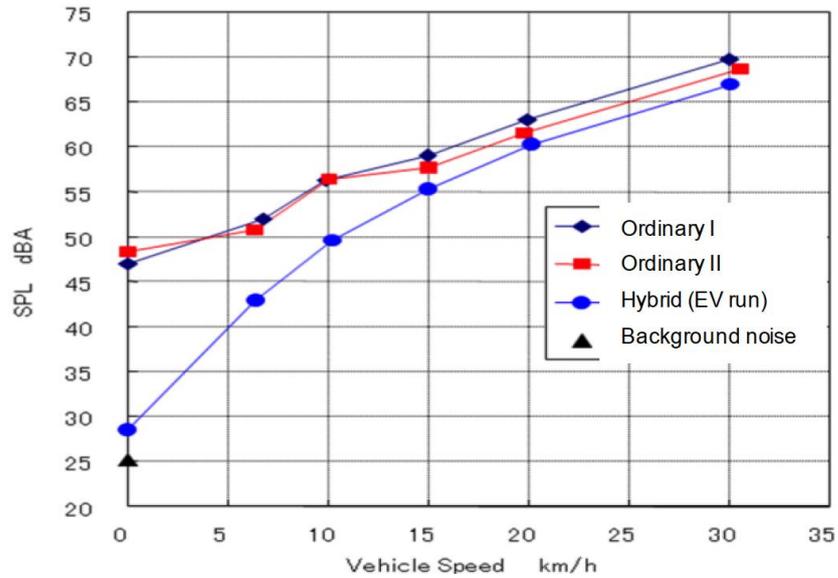


Abbildung 1: Vergleich ICE und EV von Misdariis und Pardo [6]

Midariis und Pardo haben im Jahr 2017 zwei herkömmliche Autos mit Verbrennungsmotor einem Elektrofahrzeug (Hybridfahrzeug ohne AVAS im elektrischen Betrieb) gegenübergestellt und kamen auf folgendes Ergebnis. Im Geschwindigkeitsbereich von 0 bis 10 km/h sind deutliche Unterschiede in der Lautstärke der Fahrzeuge zu erkennen. Ab 15 km/h nimmt der Unterschied in der Lautstärke ab [6].

Der grosse Unterschied zwischen Elektromotor und Verbrennungsmotor bei einer Geschwindigkeit von 10 km/h wird auch in der Studie von Hammer et al. [7] deutlich. Die nachfolgende Abbildung 2 zeigt, dass in dieser Studie drei herkömmliche Autos mit Verbrennungsmotoren mit einem Elektrofahrzeug verglichen wurden. Dabei war das Elektrofahrzeug mit einem ein- und ausschaltbaren AVAS ausgestattet.

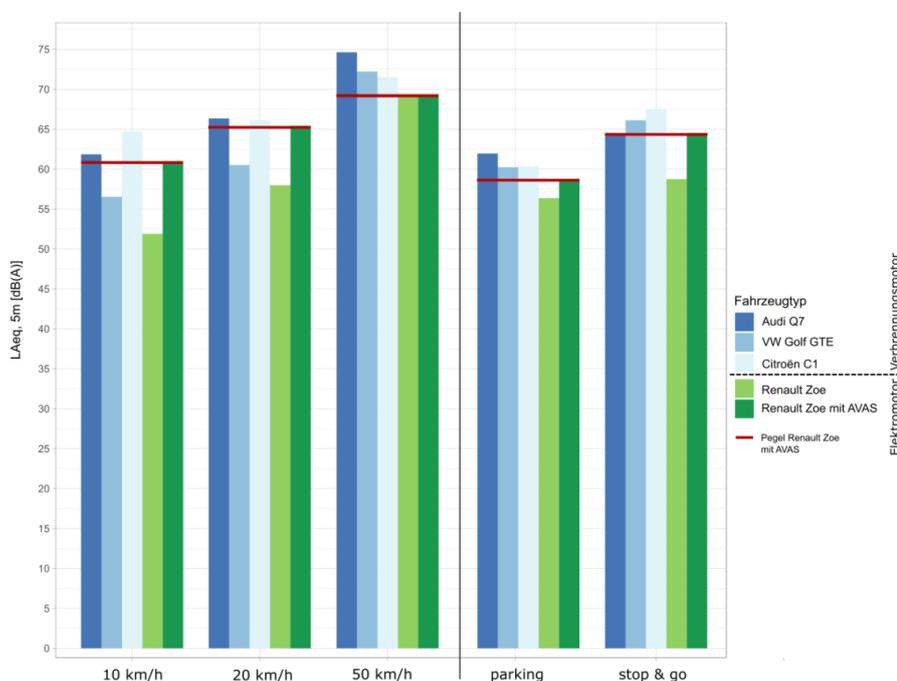


Abbildung 2: Vergleich ICE und EV von Hammer et al [7]



Bei einer Geschwindigkeit von 10 km/h bzw. 20 km/h sind Unterschiede zwischen zwei verschiedenen Renault Zoe mit und ohne AVAS erkennbar. Bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h gibt es keinen erkennbaren Unterschied zwischen Renault Zoe mit und ohne AVAS mehr.

Insgesamt ist bei mehreren Studien ein deutlicher Unterschied bis zu einer Geschwindigkeit von 20 km/h zu erkennen. In den vorgestellten Studien wird als Grund jeweils das übertönende Rollgeräusch ab 20 km/h genannt.

Die Richtlinie der UNECE schreibt ein AVAS bis zu einer Geschwindigkeit von 20 km/h vor. Dies ist, wie in den vorgestellten Studien gezeigt, auf den grösseren Unterschied bei Geschwindigkeiten < 20km/h zwischen EV und ICE begründet.

Die Studie von Hammer et al [7] zeigt jedoch, dass bei 10 km/h ein Renault Zoe mit AVAS schon lauter als ein VW Golf GTE mit Verbrennungsmotor sein kann.



3. Konzept

3.1.1. Testszzenarien

Ergänzend zur Literaturrecherche wurden zunächst verschiedene Testszzenarien entwickelt, die ein möglichst reales Bild für mehrere Verkehrssituationen widerspiegeln.

Zunächst stand definitiv fest, dass die Szenarien nicht an einem öffentlichen Ort stattfinden können, da dafür zusätzliche Genehmigungen bei verschiedenen Ämtern eingeholt werden müssten. Daher wurde eine geeignete Teststrecke ausfindig gemacht.

Die Teststrecke sollte möglichst ein reales Abbild einer ruhigen Verkehrslage bieten, da ein AVAS auch nur in einer Zone bis 30 km/h den Sinn und Zweck erfüllt.

Teststrecken sind leider selten dafür gedacht, dass auf diesen Strecken leise Fahrzeuge fahren sollen, daher wurden die meisten Schweizer Teststrecken an gut erschlossenen Orten gebaut, welche öfters eine hohe Lärmbelastung aufweisen. Nach gemeinsamer Recherche mit dem Bundesamt für Umwelt konnte die Teststrecke in Seelisberg eruiert werden, welche eine vergleichsweise tiefe Lärmbelastung aufgrund ihrer Lage aufweist. Auf dieser Teststrecke wurden mehrere Testszenarios durchgeführt, welche in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben sind.

3.1.1.1. TestszENARIO Tempo 30

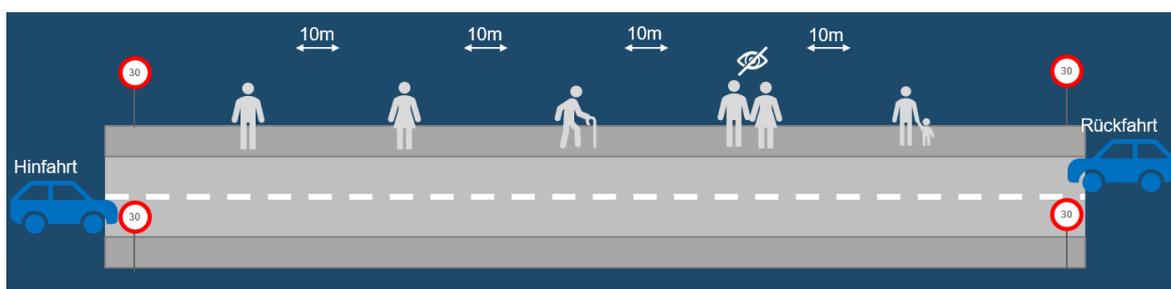


Abbildung 3: TestszENARIO Tempo 30

Beim Szenario Tempo 30 wird eine Tempo 30 Zone bzw. Strecke in einem ruhigen Wohngebiet auf einer geraden, übersichtlichen Strecke simuliert.

Dabei fährt ein Auto mit den Geschwindigkeiten 10, 20 und 30 km/h konstant an den Teilnehmer und Teilnehmerinnen vorbei.

3.1.1.2. TestszENARIO «Parkieren»

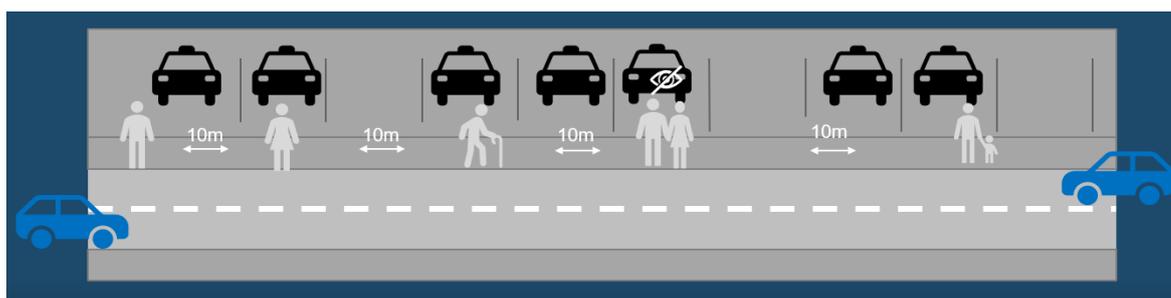


Abbildung 4: TestszENARIO Parkieren



Beim zweiten Szenario wird ein Parkvorgang simuliert. Dabei stehen die Teilnehmer und Teilnehmerinnen neben einer Parklücke, welche mit Autos auf der Teststrecke simuliert wird. Hierbei fahren die Autos langsam an, parken vorwärts in eine Lücke ein und rückwärts wieder aus. Zudem bleiben die Autos nach dem Einparken eine Zeit mit angelassenem Motor in der Lücke stehen.

Diese Situation trifft auf Verkehrsteilnehmer und -teilnehmerinnen z.B. in einem Parkhaus oder einem Parkplatz zu. Es kann sein, dass es in diesen Situationen auch weniger Nebengeräusche hat und das AVAS ausschlaggebend als Hinweissignal bis zu 20 km/h verwendet wird.

3.1.1.3. TestszENARIO «Um die Ecke fahren»

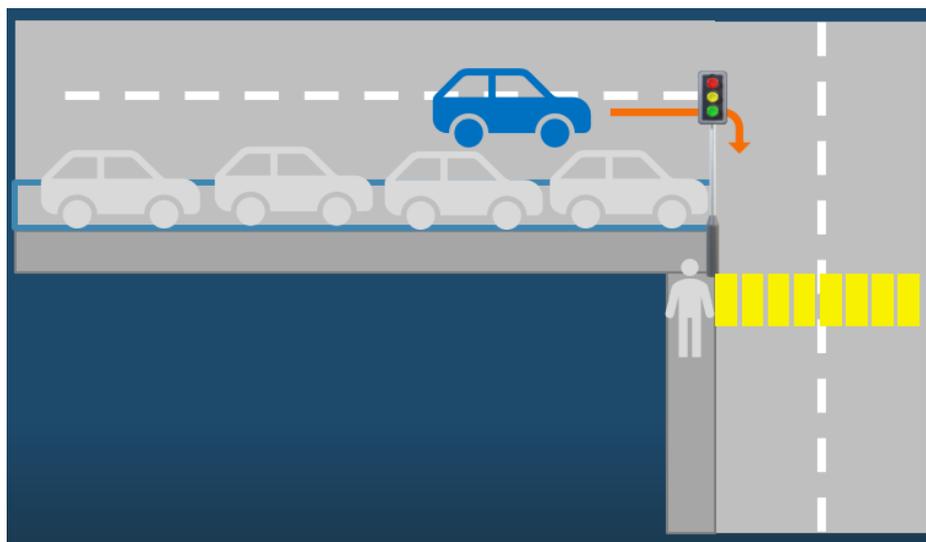


Abbildung 5: TestszENARIO "Um die Ecke fahren"

In diesem Test wird eine Alltagssituation simuliert, bei dem Fußgänger und Fußgängerinnen das anführende Auto nicht direkt sehen. Damit sollen Situationen von abbiegenden Autos bei Kreuzungen oder in der Tiefgarage simuliert werden.

Wichtig bei diesem Test ist, dass alle Teilnehmer und Teilnehmerinnen mal in der Situation sind, ein Auto nicht direkt zu hören und gar nicht zu sehen, bevor es vorbeifährt.

3.1.2. Auswahl der Elektrofahrzeuge

Um möglichst alle Fahrzeugtypen, welche heute auf dem Schweizer Markt sind, abzudecken, wurden die Verkaufszahlen der Schweiz in Fahrzeugtypen (SUV, Sportwagen, etc.) analysiert. Aus den Verkaufszahlen, der Verfügbarkeit und des Fahrzeugtyps, wurde folgende Auswahl an Elektrofahrzeugen gewählt.



Tabelle 1: Auswahl der Elektrofahrzeuge

Marke	Modell (Fahrzeugtyp)	Begründung
Volkswagen	eUp (Kleinwagen)	Dieses Fahrzeug wurde aufgrund des Fahrzeugtyps gewählt. Es ist ein neues Auto des Typs «Kleinwagen» vom Hersteller Volkswagen, welcher neben Renault Zoe die höchsten Verkaufszahlen hat.
Tesla	Model 3 (Limousine)	Der Tesla Model 3 ist das meistverkaufte Auto in der Schweiz. Zusätzlich hat das Model 3 kein installiertes AVAS im Vorwärtsgang (jedoch nur im Rückwärtsgang) und wird dennoch auf der Strasse aufgrund des bestehenden Elektromotorgeräusches, welches laut genug für die Tests ist, zugelassen. Aus diesen Gründen ist dieses Auto auch im Akzeptanztest dabei.
Volkswagen	ID.3 (Limousine)	Um ein weiteres Auto mit einem eingebauten AVAS als Limousine im Vergleich zu haben, wurde der ID.3 gewählt.
Aiways	U5 (SUV)	Der Aiways U5 ist eines der grössten Elektro SUVs auf dem Markt. Zudem ist der Aiways über Mobility leicht verfügbar. Aus dem Grund wurde der U5 als SUV ausgewählt.

3.1.3. Fragebögen

Zu den ausgearbeiteten Szenarios sollten die Teilnehmer unterschiedliche Fragen beantworten (siehe Anhang).

Dabei werden zunächst allgemeine Fragen zu den Personen gestellt, um für die Auswertung auch zusätzliche Aussagekraft durch unterschiedliche Kategorien von Teilnehmer und Teilnehmerinnen zu erhalten. Zudem können mit den Informationen zu den Probanden sehbeeinträchtigte Personen von sehenden Personen für die Auswertung unterschieden werden, um so sowohl die Gegensätze als auch die Gemeinsamkeiten deutlicher erkennen zu können.

Für jedes Szenario wurden Fragen zu den Kategorien «Gefahrenerkennung», «Orientierung» und «Klang» gestellt (siehe Abbildung 7).

In der Kategorie «Gefahrenerkennung» soll ermittelt werden, ob das Fahrzeug mithilfe des AVAS überhaupt als Gefahr erkannt wird.

Die Fragen zur Orientierung haben ihren Ursprung aus der letzten Studie im Jahr 2020 [10], in der viele sehbeeinträchtigte Personen über die Umfrage mitgeteilt haben, dass sie sich im Strassenverkehr hauptsächlich an den Autogeräuschen orientieren.

Mit den Fragen zum Klang der AVAS soll erkannt werden, wie die Hinweissignale wahrgenommen werden, ob die künstlichen Geräusche laut genug oder sogar störend sind.

Je nach Fahrzeug wurden auch einige Zusatzfragen gestellt, welche z.B. ein zusätzliches emotionales Geräusch («Tesla Horn») abfragen.



Auf die einzelnen Fragen und wie die Antwortmöglichkeiten aussahen wird im Kapitel 4 detailliert eingegangen.

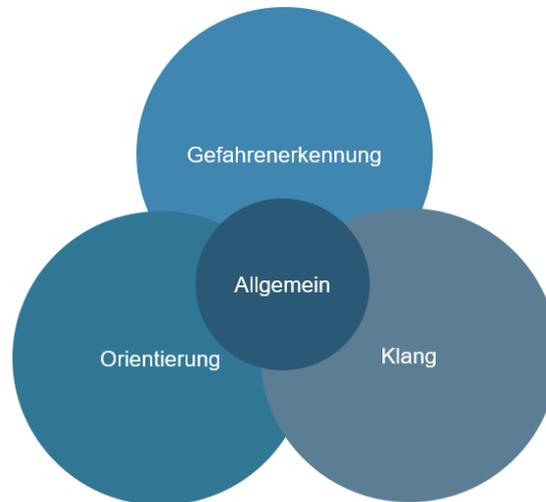


Abbildung 6: Konzept der Fragebögen

3.1.4. Kontaktaufnahme mit den Teilnehmern und Teilnehmerinnen

Um möglichst eine repräsentative Auswahl der Schweizer Bevölkerung einzuladen, wurde zunächst eine Stakeholdermap erstellt. Darin wurden die Anspruchsgruppen nach der Priorität und Betroffenheit eingeteilt.



Abbildung 7: Stakeholdermap

Eine hohe Priorität in dieser Studie haben Blinde und sehbehinderte Erwachsene und Kinder. Daher wurden bei der Kontaktaufnahme alle bekannten Blindenvereine und Schulen für sehbeeinträchtigte Kinder angefragt.

In der nächsten Priorität wurden Senioren und Seniorinnen, Menschen mit anderen physischen Einschränkungen und weitere Organisationen und Institute mit Kindern angefragt.

Als dritte Priorität kamen auch Mobilitätsverbände, Ämter und Organisationen rund um das Thema Umwelt und Verkehr sowie Statistikerunternehmen und Blaulichtorganisationen wie die Polizei und die Feuerwehr hinzu.



Daraufhin waren auch weitere Personen zum Akzeptanztest eingeladen, die eine offene und neutrale Meinung zu diesem Thema einbringen können.

Im nächsten Kapitel wird kurz auf die verschiedenen Teilnehmer und Teilnehmerinnen eingegangen.



4. Durchführung & Ergebnisse

4.1. Durchführung des Akzeptanztests

4.1.1. Teststrecke und Teilnehmende

Der Akzeptanztest fand am 31. Mai 2022 im Eventcenter Seelisberg (siehe Abbildung 8) von 09:00 – 16:00 Uhr statt.

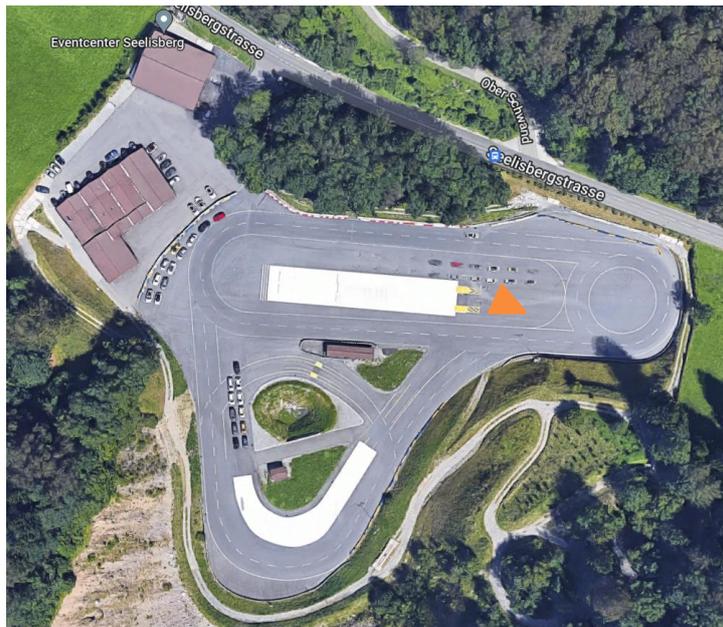


Abbildung 8: Eventcenter Seelisberg (Quelle: Google Maps)

Es waren insgesamt 19 Teilnehmer und Teilnehmerinnen für die Akzeptanztests vor Ort. Die Teilnehmer und Teilnehmerinnen werden aufgrund des Datenschutzes nicht genannt, jedoch sind diese in folgende Prioritäten der Stakeholdermap einzugliedern:

Stakeholder	Anzahl
Blinde Personen aus Blindenverbänden	4 Personen
Senioren und Seniorinnen	2 Personen
Kinder / Jugendliche	1 Person
Studierende	1 Person
Möbilitätsverbände	1 Person
Ämter / Organisationen	4 Personen
Akustiker und Akustikerinnen	1 Person
Weitere Arbeitnehmer und Arbeitnehmerinnen	5 Personen



Abbildung 9: Teilnahme Stakeholder Akzeptanztest

4.1.2. Testszenarios

Verglichen mit dem Konzept konnten die Testszenarios auf der Teststrecke bis auf das Szenario «Um die Ecke fahren» genauso durchgeführt werden.

Auf den folgenden Abbildungen soll kurz auf die Durchführung der Testszenarios eingegangen werden.

4.1.2.1. Durchführung Testszenario Tempo 30/20/10

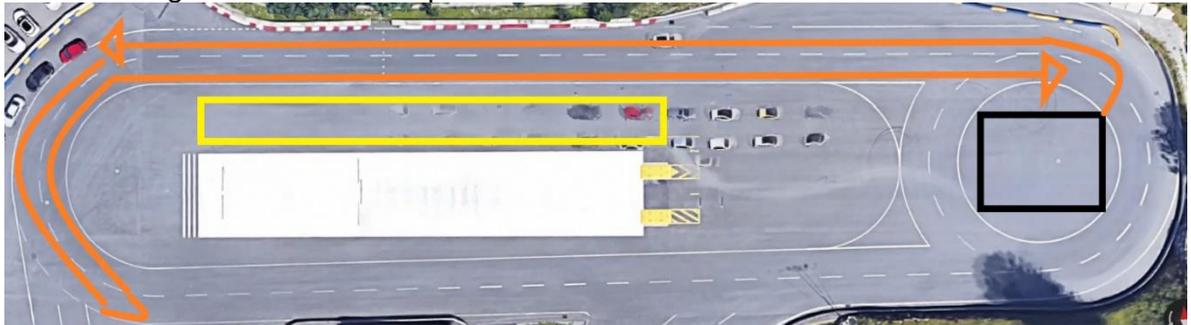


Abbildung 10: Testszenario Tempo 30 Durchführung

Auf der Teststrecke standen die vier verschiedenen Autos in einer Reihe im schwarz markierten Bereich. Auf Kommando ist ein Mitglied des Testteams losgefahren und mit 30 km/h konstant der orangefarbenen Linie gefolgt.

Die Teilnehmer und Teilnehmerinnen standen in einer Reihe mit Blickrichtung der schwarz markierten Zone. Somit sollte ein normaler Spaziergang auf einem Bürgersteg simuliert werden.

Die Fahrzeuge fuhren so lange, bis alle Teilnehmer und Teilnehmerinnen den Fragebogen ausgefüllt hatten.

Zusätzlich konnten auch die Geschwindigkeiten 20 km/h und 10 km/h mit allen Fahrzeugen getestet werden.

4.1.2.2. Durchführung Testszenario Parking inkl. mehreren AVAS gleichzeitig

Bei der Durchführung des zweiten Szenarios fuhren die Fahrzeuge wieder vom gleichen Standort wie im Szenario zuvor los, allerdings standen die anderen Fahrzeuge so, dass eine Parklücke simuliert wurde.

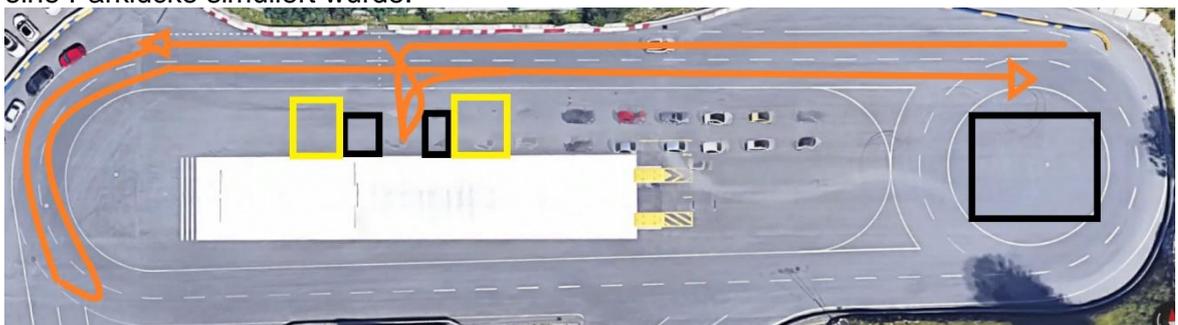


Abbildung 11: Testszenario Parking Durchführung



Somit konnte das anfahrende Fahrzeug vorwärts in die gegebene Lücke parkieren. Nach einiger Zeit im Stillstand fuhr das Fahrzeug rückwärts aus dem Parkplatz. Das Fahrzeug fuhr auf dem gegenüberliegenden Fahrstreifen fort und wendete. Danach kehrte das Fahrzeug zurück zur Parklücke und parkierte von dem direkt anliegenden Fahrstreifen rückwärts in die Parklücke. Dabei wurde ein Vorwärts- und Rückwärtsparkiervorgang simuliert.

Somit konnten sowohl Anfahrt als auch Abfahrt rückwärts und vorwärts durchgeführt werden. Zudem hatten die Testteilnehmer und Testteilnehmerinnen, welche sich in umliegender Nähe befanden die Möglichkeit die Fahrzeuge im Stillstand zu hören.

Ein weiterer Punkt war die Durchführung von mehreren eingeschalteten Elektrofahrzeugen im Stillstand, damit die Teilnehmer und Teilnehmerinnen erkennen mussten, welches Auto davon losfahren möchte.

Aus der vergangenen Studie ist hervorgegangen, dass mehrere Elektrofahrzeuge eingeschaltet nebeneinander durch ihre Geräuschemissionen eine vermeintliche Kakophonie¹ auslösen könnten.

Dies wurde innerhalb dieser Studie mit mehreren gleichzeitig angelassenen Fahrzeugen getestet.

4.1.3. Durchführung Testszenario «Um die Ecke fahren»

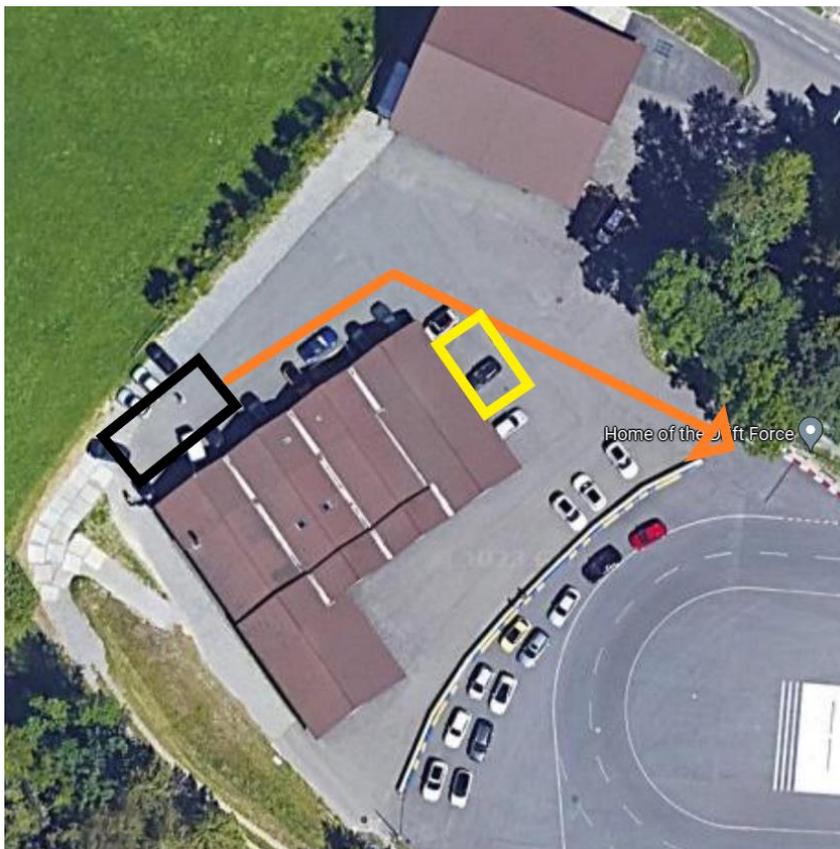


Abbildung 12: Testszenario "Um die Ecke fahren" Durchführung

¹ Eine Kakophonie ist eine Abfolge von Lauten, die besonders unangenehm oder unharmonisch klingen.



Das Gebäude wurde als Hindernis genutzt. Beim schwarz markierten Bereich sind die Fahrzeuge losgefahren, um zunächst mit circa 10-20 km/h entlang des Gebäudes zu fahren. Daraufhin sind die Fahrzeuge um die Ecke gebogen. Dort standen im gelb markierten Bereich die Testteilnehmer und -teilnehmerinnen.

Somit konnte eine Situation simuliert werden, bei welcher der Schall nicht nur direkt von der Quelle kommt, sondern auch gebeugt oder durch andere Wände oder Gegenstände reflektiert wird.

4.2. Ergebnisse des Akzeptanztests

In diesem Kapitel werden alle Fragen inkl. Antworten aufgezeigt und die Ergebnisse evaluiert.

Dabei werden Mittelwerte der Antworten von «Sehende Personen» und «Sehbeeinträchtigte Personen» unterschieden. Zudem gibt es einen zusätzlichen Mittelwert für die gesamte Rückmeldung aller Teilnehmer und Teilnehmerinnen.

Bei dieser Unterteilung geht es hauptsächlich darum die Gegensätze aufzuzeigen, falls diese vorhanden sind.

Insgesamt wurden 36 Fragen für jedes Auto gestellt. Beim Tesla Model 3 gab es weitere Zusatzfragen zum emotionalen Geräusch.

4.2.1. Ergebnisse Fragebogen Tempo 30

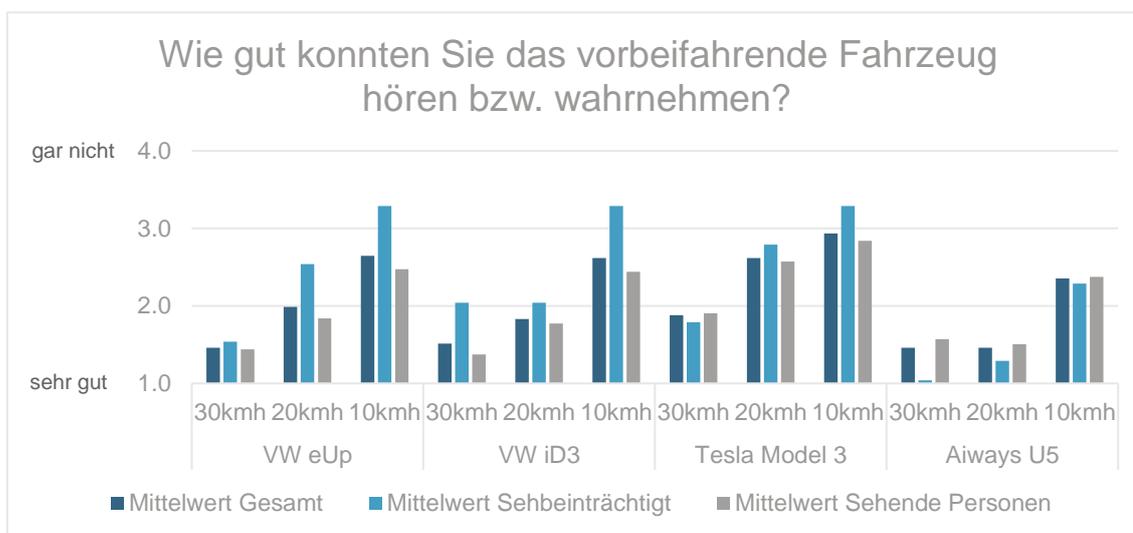


Abbildung 13: Szenario Tempo 30 Frage 1

Frage 1: Wie gut konnten Sie das vorbeifahrende Fahrzeug hören bzw. wahrnehmen?

Die erste Frage im ersten Szenario soll aufzeigen, wie die vorbeifahrenden Fahrzeuge wahrgenommen werden. Von einer Skala von 1 bis 4 konnten die Teilnehmer und Teilnehmerinnen bewerten, wie gut oder schlecht das Auto hörbar war.

Die Auswertung zeigt, dass alle Autos bei 30 km/h gut wahrgenommen werden. Mit abnehmender Geschwindigkeit wird es schwieriger für die Teilnehmer und Teilnehmerinnen die Fahrzeuge zu hören. Je geringer die Geschwindigkeit, desto schlechter wird das Fahrzeug wahrgenommen. Wir nehmen an, dass dies an der Abnahme der Rollgeräusche liegt.



Der Tesla ohne AVAS wird ähnlich gut wahrgenommen wie die VW-Modelle mit AVAS, dies kann entweder an den Reifen oder am lauten Elektromotorgeräusch liegen.

Es sticht hervor, dass der Aiways U5 als SUV von den sehbeeinträchtigt Personen bei 30 km/h besser wahrgenommen wird als von sehenden Personen. Und auch im Schnitt das Auto ist, welches am besten wahrgenommen wird. Die Ursache dafür können die breiten Reifen sein.

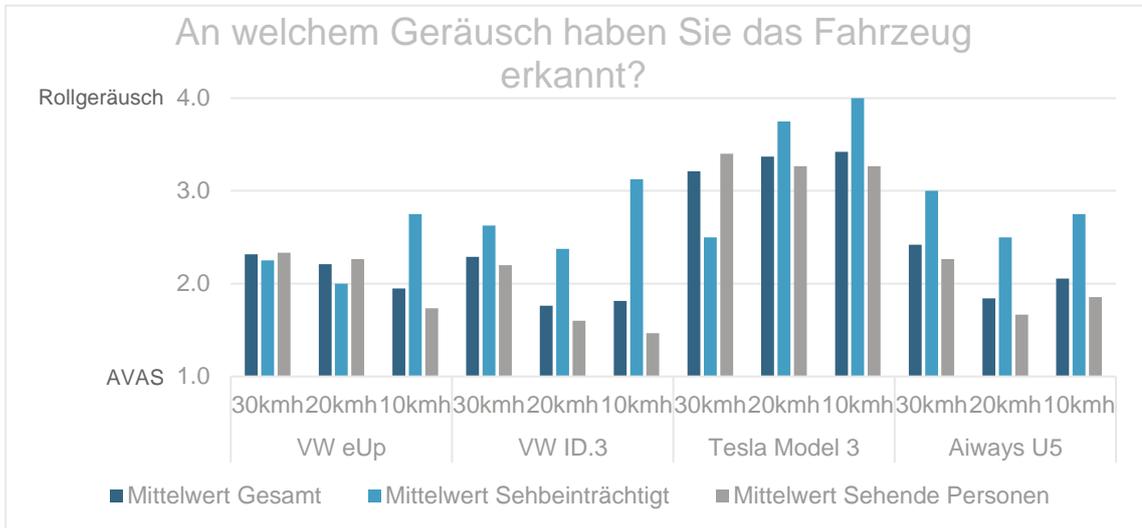


Abbildung 14: Szenario Tempo 30 Frage 2

Frage 2: An welchem Geräusch haben Sie das Fahrzeug erkannt?

Bei der Frage 2 (Abbildung 14) liegt der Fokus bei der Gefahrenerkennung anhand der Geräuschquelle.

Bei dieser Frage unterscheiden sich die Antworten zu den verschiedenen Fahrzeugen stark. Beim VW eUp geben die Teilnehmer und Teilnehmerinnen an, bei abnehmender Geschwindigkeit das Auto eher anhand des AVAS zu erkennen. Ähnlich sieht es im Schnitt auch beim ID.3 aus. Jedoch werden beide Autos von den sehbeeinträchtigt Personen bei 10 km/h eher durch das Rollgeräusch erkannt.

Auffallend bei dieser Frage ist der Tesla Model 3. Dieser wird in allen, jedoch aber definitiv bei niedrigeren Geschwindigkeiten mehr durch das Rollgeräusch wahrgenommen. Wir gehen davon aus, dass dies mit dem nicht vorhandenen AVAS zusammenhängt.

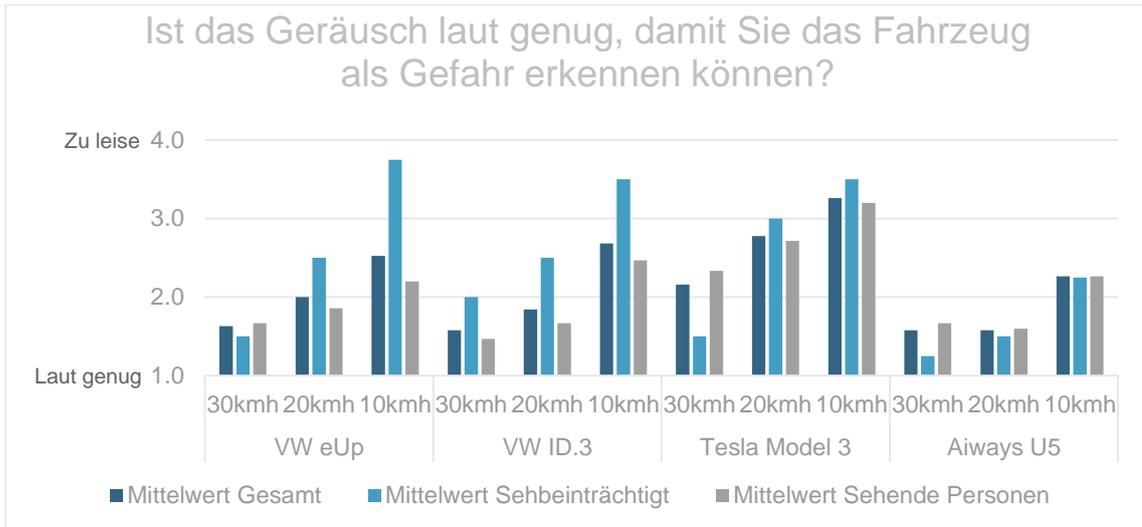


Abbildung 15: Szenario Tempo 30 Frage 3

Frage 3: Ist das Geräusch laut genug, damit Sie das Fahrzeug als Gefahr erkennen können?

Mit der Frage 3 (siehe Abbildung 15) wird untersucht, ob die AVAS genügend laut sind, damit die Fahrzeuge als Gefahr erkannt werden. In der Auswertung ist zu erkennen, dass bei geringer Geschwindigkeit die Fahrzeuge tendenziell nicht laut genug sind, damit sie als Gefahr erkannt werden. Bei 30 km/h wird jedes Auto als laut genug empfunden.

Es zeigt sich dasselbe Muster wie bei der Frage 1; je höher die Geschwindigkeit, desto besser wird das Fahrzeug als Gefahr erkannt.

Interessant bei der Auswertung dieser Frage ist, dass die Unterschiede zwischen sehenden und sehbeeinträchtigten Personen bei den Volkswagen Fahrzeugen mit sinkender Geschwindigkeit zunehmen. Beim Tesla Model 3 und dem Aways U5 sind sich die Personen in der Bewertung der Lautstärke einig. Der Aways U5 wird sowohl von sehenden als auch von sehbeeinträchtigten Personen als eher laut genug eingeschätzt, damit das Fahrzeug als Gefahr erkannt werden kann.

Hier liegt wieder die Vermutung nahe, dass die breiten Reifen für ein erhöhtes Rollgeräusch und damit bessere Erkennbarkeit verantwortlich sind.

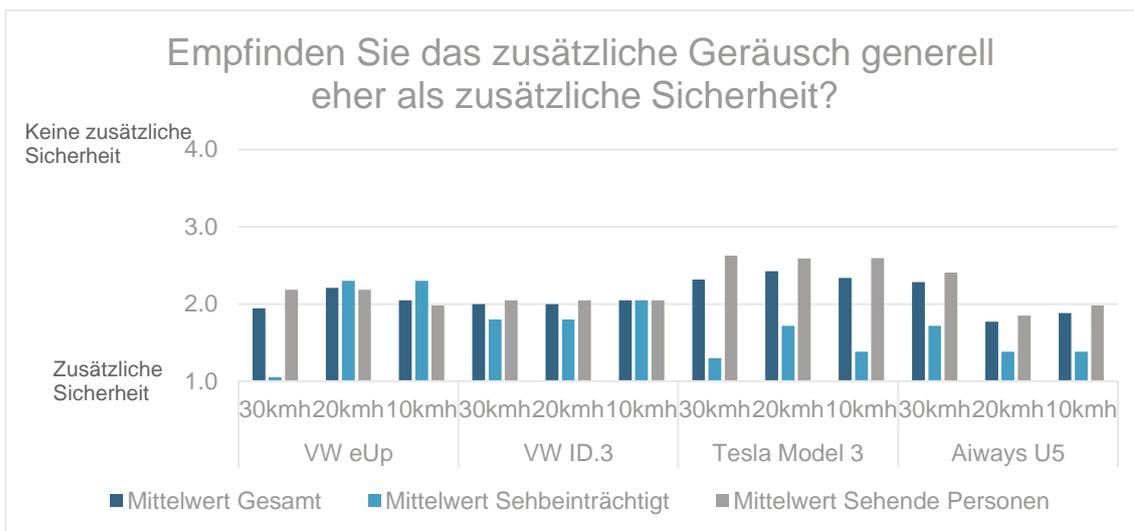


Abbildung 16: Szenario Tempo 30 Frage 4

Frage 4: Empfinden Sie das zusätzliche Geräusch generell eher als zusätzliche Sicherheit?

Bei der 4. Frage sind sich die meisten befragten Personen einig. Ein AVAS wird eher als zusätzliche Sicherheit empfunden. Der etwas höhere Mittelwert beim Tesla bei den sehenden Personen resultiert davon, dass der Tesla Model 3 kein zusätzliches Geräusch im Vorwärtsgang hat und daher als weniger sicher empfunden wird.

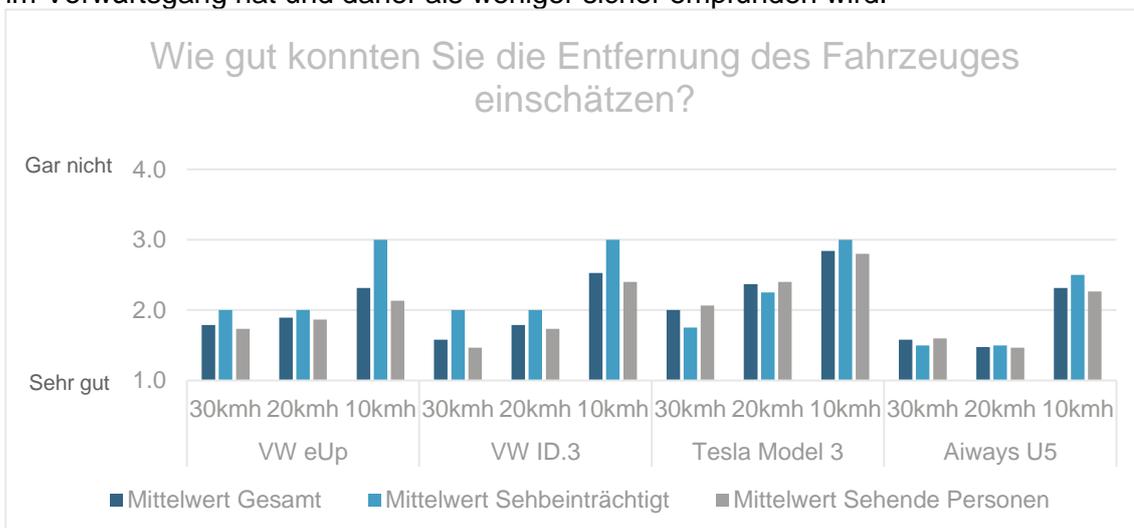


Abbildung 17: Szenario Tempo 30 Frage 5

Frage 5: Wie gut konnten Sie die Entfernung des Fahrzeuges einschätzen?

Auch bei der 5. Frage ist der gleiche Trend wie bei den Fragen 1 und 3 zu erkennen. Bei abnehmender Geschwindigkeit wird die Entfernung bei jedem der Fahrzeuge schlechter einschätzbar. Dies ist die erste Frage in der Kategorie «Orientierung» und zielt darauf ab, ob die Verkehrsteilnehmenden sich anhand des zusätzlichen Geräusches im Strassenverkehr orientieren können.



Generell schneiden alle Fahrzeuge bei 30 km/h und mehrheitlich auch bei 20 km/h gut in Bezug auf die Einschätzung der Entfernung ab. Die Unterschiede zwischen den sehenden und sehbeeinträchtigten Personen werden nur beim VW eUp bei 10 km/h deutlich sichtbar. Ansonsten scheinen alle Testteilnehmer und -teilnehmerinnen der gleichen Meinung zu sein. Je niedriger die Geschwindigkeit, desto schwieriger ist es das Fahrzeug zu erkennen. Für die Orientierung im Strassenverkehr sind die AVAS bei 10 km/h zu leise.

Interessant bei dieser Frage ist das Ergebnis beim Aiways U5. Dieses wird bei 30 und 20 km/h ähnlich gut gehört. Und auch bei 10 km/h schneidet der Aiways U5 besser ab als die Konkurrenz. Dies muss unserer Meinung nach nicht unbedingt am AVAS liegen, sondern kann durch die grösseren Reifen und ggf. der damit resultierenden Luftverdrängungseffekte resultieren.

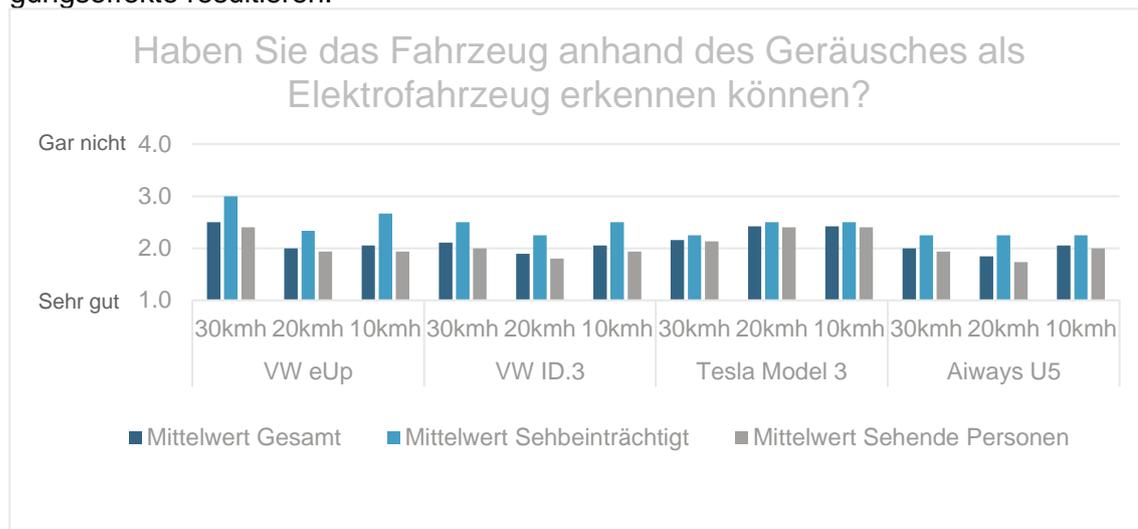


Abbildung 18: Szenario Tempo 30 Frage 6

Frage 6: Haben Sie das Fahrzeug anhand des Geräusches als Elektrofahrzeug erkennen können?

Bei dieser 6. Frage sind sich die befragten Personen mehrheitlich einig. Jeder der Teilnehmer und Teilnehmerinnen konnte das Fahrzeug anhand des Geräusches als Elektrofahrzeug erkennen.

Unter anderem führt das AVAS bei den Testteilnehmer und -teilnehmerinnen dazu, dass sich ein Elektrofahrzeug mehr nach Elektrofahrzeug anhört. Diese Antworten können unserer Meinung nach jedoch auch davon beeinflusst sein, dass der Test nur mit Elektrofahrzeugen durchgeführt wurde und die Teilnehmer und Teilnehmerinnen dies wussten. Zudem könnte auch ein leiser Antrieb mit einem Verbrennungsmotor darauf deuten, dass es sich um ein Elektrofahrzeug handelt.



Abbildung 19: Szenario Tempo 30 Frage 7

Frage 7: Wie gut konnten Sie jeweils erkennen aus welcher Richtung das Fahrzeug angefahren kommt?

Ähnlich wie mit der Einschätzung Entfernung des Fahrzeugs, verhält es sich bei Frage 7 mit der Erkennung der Fahrtrichtung. Je geringer die gefahrene Geschwindigkeit, desto schwieriger ist es für die Testteilnehmer und -teilnehmerinnen zu erkennen, aus welcher Richtung das Auto kam.

Dennoch ist im Schnitt bei den Teilnehmern und Teilnehmerinnen gut erkennbar, aus welcher Richtung das Auto kam. Auch hier ist der Aiways U5 am besten wahrnehmbar. Wie auch bei der Frage 6 schätzen wir die grossen Reifen und die Luftverdrängung als mögliche Ursache für das Ergebnis ein.

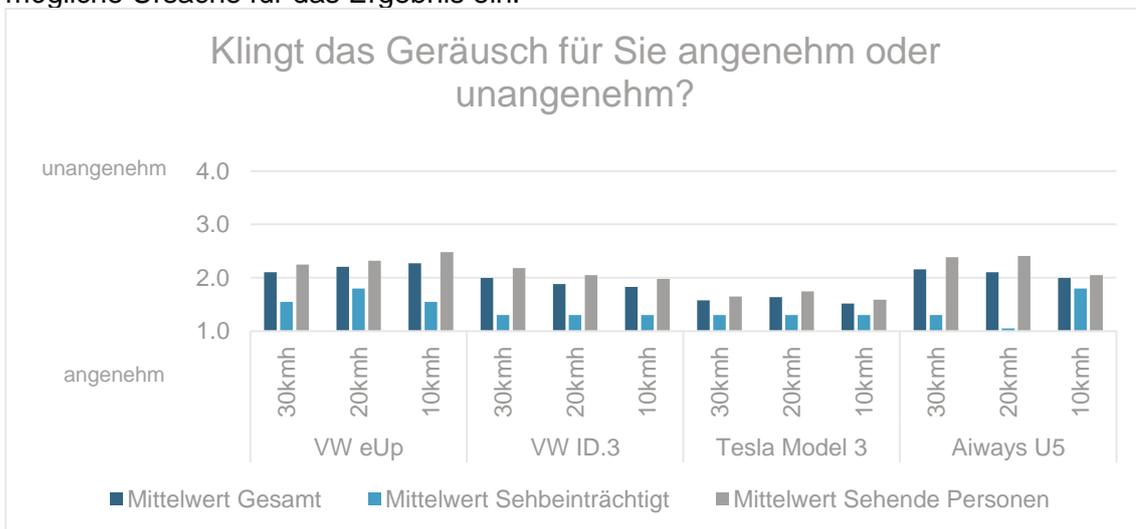


Abbildung 20: Szenario Tempo 30 Frage 8

Frage 8: Klingt das Geräusch für Sie angenehm oder unangenehm?

Diese Frage zielt auf die Tonalität des AVAS ab. Ein angenehmes Geräusch schliesst die vorherigen Fragen bezüglich Sicherheit oder Lautstärke nicht aus. Es soll darauf



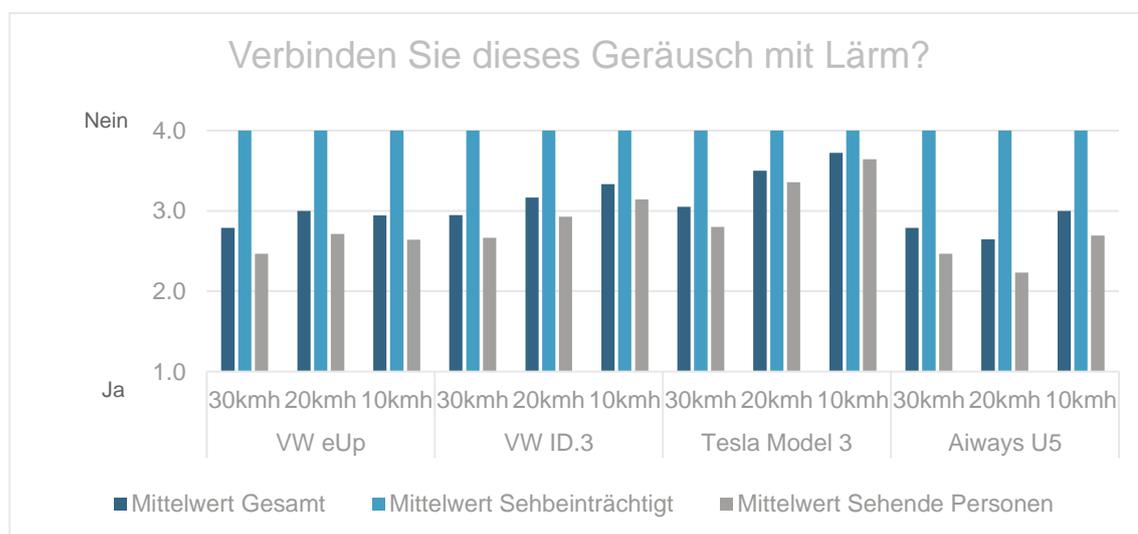
abzielen, ob das AVAS als Klang angenehm wirkt oder hinsichtlich z.B. Frequenzbändern angepasst werden könnte.

Das Ergebnis zeigt, dass im Schnitt die sehenden Personen das AVAS vom VW eUp und vom Aiways U5 unangenehmer bewertet haben. Sehbeeinträchtigte Personen haben die AVAS als angenehmer beurteilt als die sehenden Personen. Generell werden die AVAS von allen Fahrzeugen als eher angenehm empfunden.

Gründe dafür wurden in den nächsten beiden Fragen von einigen Teilnehmer und Teilnehmerinnen abgegeben:

Tabelle 2: Szenario Tempo 30 Fragen 9-10

Frage	VW eUp	VW ID.3	Tesla Model 3	Aiways U5
Was war angenehm am Geräusch?	-Konstant -Lautstärke -Unauffällig	-Frequenz -Klingt nach normalem Auto -Neutral	-Wie Verbrenner, nur sanfter -Natürlicher Ton -Nur Rollgeräusch	-Ruhiges Brummen -Angenehme Lautstärke -Tiefe Töne
Was stört am Geräusch?	-Hochtourig -Hoher Ton -Zu leise	-Dröhnend -Untypisches Elektrogeräusch -Lautstärke (zu laut)	-Viel zu leise -Nur Rollgeräusch -Nichts stört	-Hochtourig -Lautes Rollgeräusch -Nichts stört



Frage 11: Verbinden Sie dieses Geräusch mit Lärm?

Abbildung 21: Szenario Tempo 30 Frage 11

Das Ergebnis zeigt ein klares Bild auf. Während die sehbeeinträchtigten Personen zu allen Fahrzeugen bei allen Geschwindigkeiten das Geräusch definitiv nicht als Lärm empfunden wird, ist die Tendenz der sehenden Personen grösser das AVAS als eher lärmig zu beurteilen.

Bei den sehenden Personen ist auch zwischen den verschiedenen Geschwindigkeiten ein Unterschied zu erkennen. Ursache dafür kann das leisere Rollgeräusch sein. Denn je



geringer die Geschwindigkeit, desto leiser das Rollgeräusch. Das AVAS wird bei geringeren Geschwindigkeiten dominanter, es zeigt sich jedoch, dass dies daraufhin nicht als Lärm empfunden wird.

Interessant ist auch, dass der Tesla Model 3 am wenigsten mit Lärm verbunden wird und der Aiways U5 am meisten.

Wir sind daher davon überzeugt, dass der Lärm in diesem Test grösstenteils durch die Rollgeräusche dominiert wird.

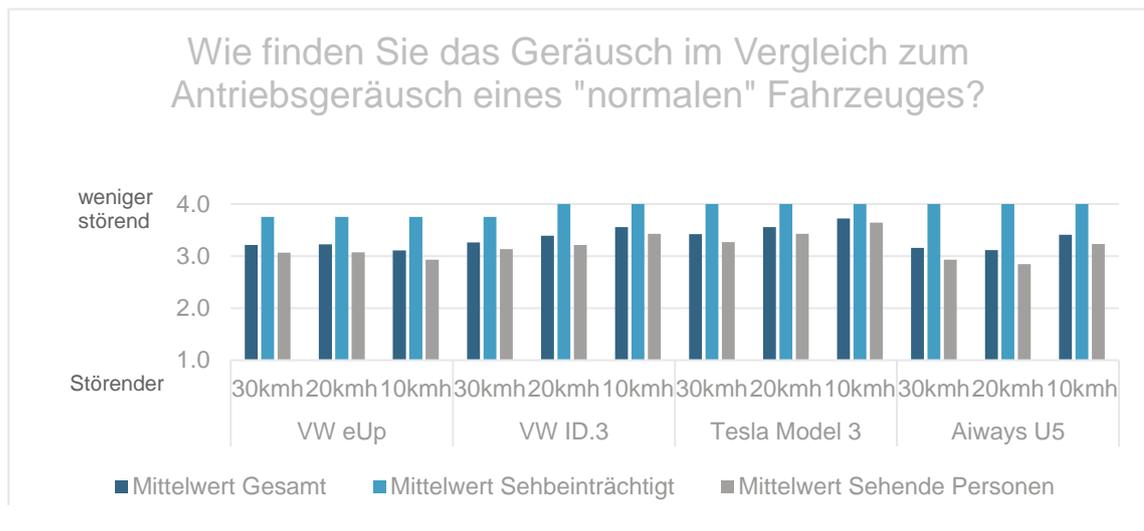


Abbildung 22: Szenario Tempo 30 Frage 12

Frage 12: Wie finden Sie das Geräusch im Vergleich zum Antriebsgeräusch eines «normalen» Fahrzeuges (mit Verbrennungsmotor)?

Diese Frage zeigt, dass sowohl sehende als auch sehbeeinträchtigte Personen ein AVAS für weniger störend als einen normalen Verbrenner empfinden - und dies bei 3 von 4 Autos mit abnehmender Geschwindigkeit umso mehr.

Wir sind der Meinung, dass diese Frage ein klares Bild aufzeigt und Elektrofahrzeuge mit einem AVAS definitiv weniger störend sind als normale Autos mit Verbrennungsmotor.



4.2.2. Ergebnisse Szenario Parkieren

Die Fragen für die Parksituation sind wieder in den drei Kategorien eingeteilt. Gefahrenwarnung mit sieben Fragen, Orientierung mit drei Fragen und der Klang mit mindestens 4 Fragen.

Da der Tesla Model 3 im Parkmodus über ein Horn verfügt, welches emotionale Geräusche erklingen lassen kann, wurden zum Tesla noch weitere Zusatzfragen gestellt.

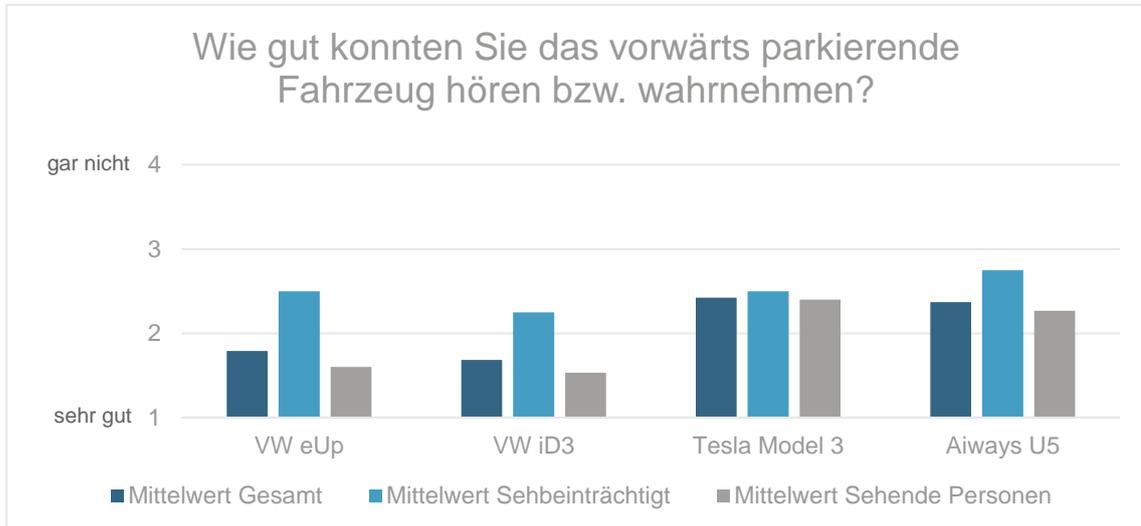


Abbildung 23: Szenario Parkieren Frage 1

Frage 1: Wie gut konnten Sie das vorwärts parkierende Fahrzeug hören bzw. wahrnehmen?

Im Allgemeinen werden die Fahrzeuge beim Parkiervorgang (vorwärts) eher gut wahrgenommen. Mit Ausnahme des Tesla, werden die vorwärts parkierenden Autos von den sehbeeinträchtigten Personen jedoch schlechter wahrgenommen als von den sehenden Personen. Dies kann dadurch resultieren, dass die sehenden Personen die Fahrzeuge im Gegensatz zu den sehbeeinträchtigten Personen auch optisch wahrnehmen können. Die grösseren Fahrzeuge (Tesla und Aiways) werden interessanterweise beim Parkiervorgang eher schlechter wahrgenommen als die leichteren Fahrzeuge.

Wir sind der Meinung, dass das AVAS bei diesem Fall sehr wichtig für die Erkennung ist, da das Auto im Schritttempo unterwegs ist. Beim Model 3 gibt es kein AVAS und beim Aiways sind die Rollgeräusche im Schritttempo nicht dominierend oder das AVAS leise.

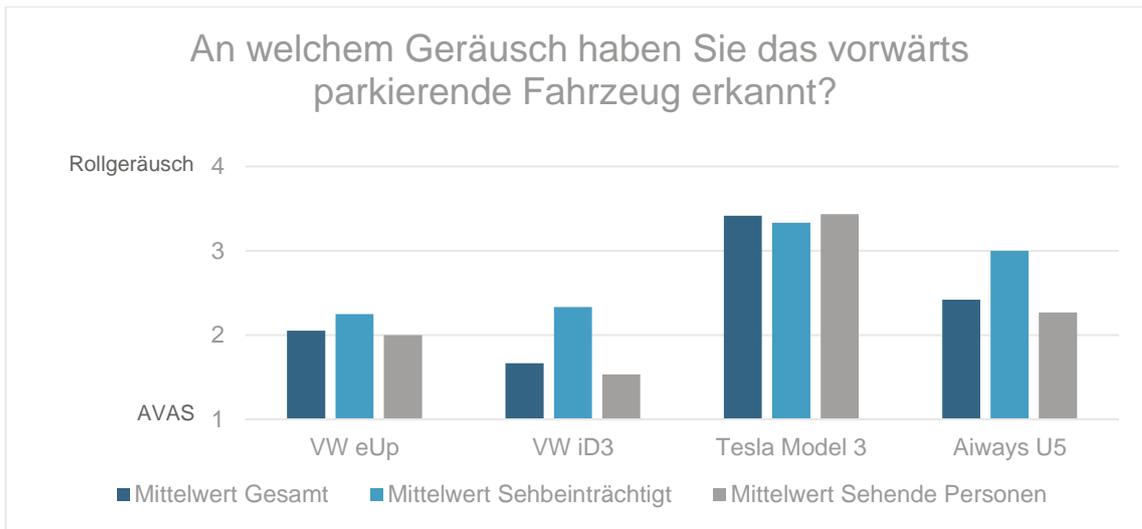


Abbildung 24: Szenario Parkieren Frage 2

Frage 2: An welchem Geräusch haben Sie das vorwärts parkierende Fahrzeug erkannt?

Die zweite Frage (siehe Abbildung 24) richtet sich nach dem Geräusch, an dem das Fahrzeug erkannt wurde.

Bei den beiden Volkswagen Fahrzeugen wird das Fahrzeug eher am AVAS erkannt. Während es bei dem Tesla Model 3 definitiv am Rollgeräusch erkannt wird. Die Antwort auf die Frage bestätigt die Annahme von Frage 1. Beim Tesla liegt es wahrscheinlich an dem nicht vorhandenen AVAS. Beim Aiways jedoch an den Reifen oder am AVAS, welches jedoch sehr leise ist und übertönt werden könnte.

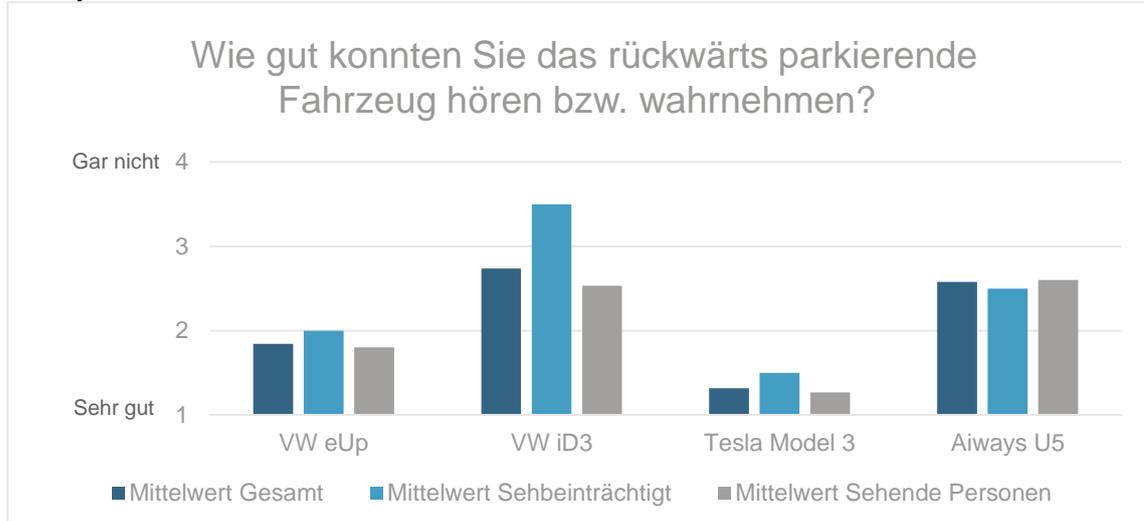


Abbildung 25: Szenario Parkieren Frage 3

Frage 3: Wie gut konnten Sie das rückwärts parkierende Fahrzeug hören?

Im Gegensatz zu den Antworten aus der Frage 1 (Wahrnehmung des Fahrzeugs beim vorwärts parkieren), ist zu sehen, dass der Tesla Model 3 beim Rückwärtsfahren sehr gut wahrgenommen wird. Dies liegt am AVAS, welches im Rückwärtsgang bei Tesla eingebaut und deutlicher hörbar als bei den anderen Fahrzeugen ist. Auch der VW eUp wird sowohl von den sehbeeinträchtigt als auch von den sehenden Probanden gut wahrgenommen.



Beim ID.3 ist das Rückwärts-Parken nicht gut wahrnehmbar. Auch der Aiways wird, ähnlich wie beim vorwärts parkieren, eher schlecht wahrgenommen.

Diese Antworten zeigen uns, dass ein Auto mit lautem AVAS besser beim Parkieren wahrgenommen wird als eines ohne bzw. mit leisem AVAS.

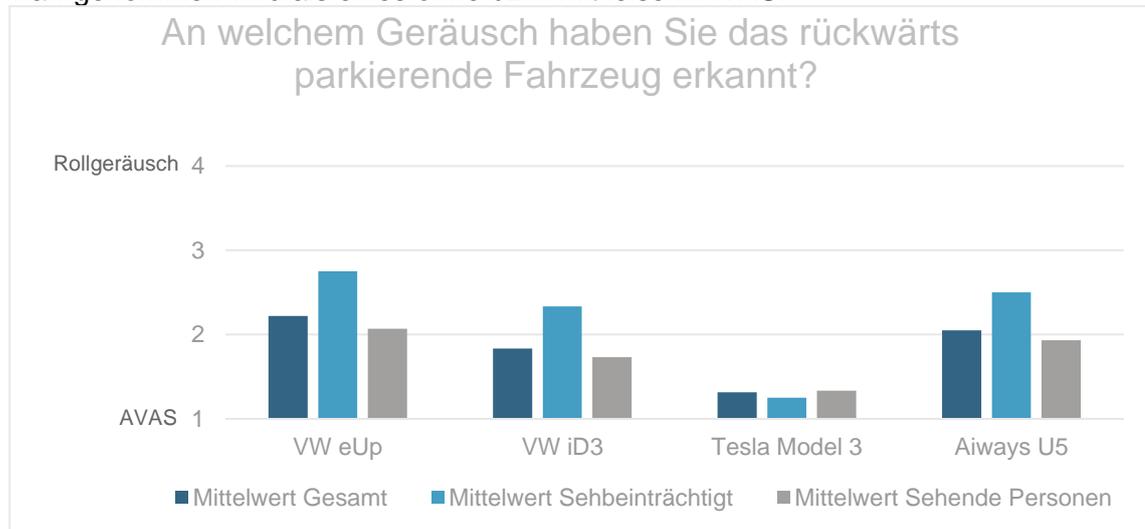


Abbildung 26: Szenario Parkieren Frage 4

Frage 4: An welchem Geräusch haben Sie das rückwärts parkierende Fahrzeug erkannt?

Auch bei der 4. Frage geht es darum, an welchem Geräusch die Teilnehmer und Teilnehmerinnen das Fahrzeug erkannt haben. Das Tesla Model 3 wurde am deutlichsten am AVAS erkannt. Verglichen mit den Auswertungen der Frage 2 sind im Rückwärtsfahren deutliche Unterschiede in der Wahrnehmbarkeit eines parkierenden Autos zwischen den Fahrzeugen erkennbar. Während ein Tesla Model 3 z.B. im Vorwärtsgang von der Mehrheit am Rollgeräusch erkannt wurde, ist es im Rückwärtsgang komplett das Gegenteil. Im Rückwärtsgang werden jedoch auch alle übrigen Fahrzeuge eher am AVAS erkannt.

Der VW eUp und der Aiways werden von den sehbeeinträchtigten Personen etwas mehr durch das Rollgeräusch wahrgenommen. Dies kann, unserer Meinung nach, zwei verschiedene Gründe haben. Ein zu leises AVAS bei beiden Autos und damit mehr Fokus auf Reifen oder beim Aiways die grösseren Reifen und damit das Übertönen des AVAS.

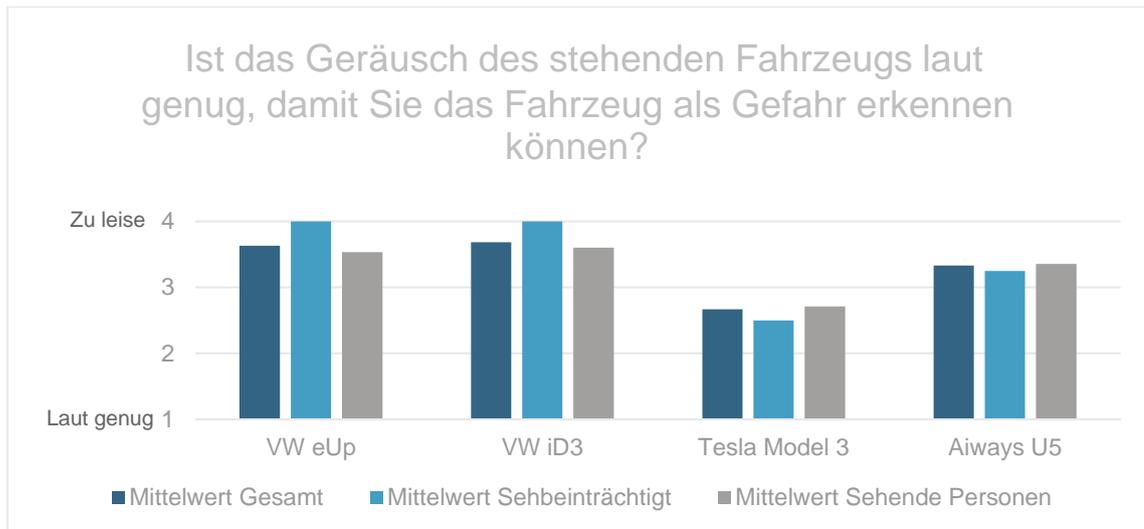


Abbildung 27: Szenario Parkieren Frage 5

Frage 5: Ist das Geräusch des stehenden Fahrzeugs laut genug, damit Sie das Fahrzeug als Gefahr erkennen können?

In der fünften Frage werden die Teilnehmer und Teilnehmerinnen gefragt, ob das Fahrzeug im stehenden Zustand laut genug ist um es als Gefahr erkennen zu können.

Die Auswertungen zeigen, dass die Autos generell alle zu leise sind um diese als Gefahr erkennen zu können. Dies, weil keines der Fahrzeuge im Stillstand ein Warngeräusch aussendet.

Jedoch ist der Tesla Model 3, obwohl dieser im Gegensatz zu allen anderen Fahrzeugen über kein AVAS im Vorwärtsgang verfügt, im Stillstand am besten zu hören. Dies verstärkt sich, wenn der Rückwärtsgang eingeschaltet wird, weil dann das AVAS hörbar wird.

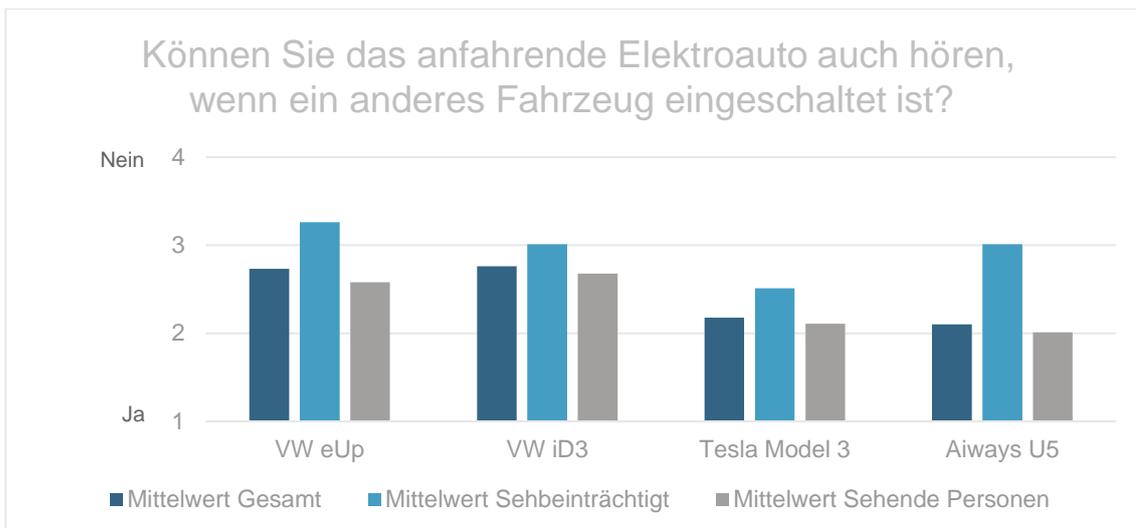


Abbildung 28: Szenario Parkieren Frage 6

Frage 6: Können Sie das anfahrende Elektroauto auch hören, wenn ein anderes Fahrzeug eingeschaltet ist?

Die Fahrzeuge von Volkswagen werden eher schlecht gehört, wenn ein anderes Fahrzeug in der Nähe eingeschaltet ist.

Hierbei ist zu erwähnen, dass z.B. der Aways U5 aufgrund seiner Lüftung wahrgenommen wird. Der Tesla und der Aways sind im Stillstand besser zu hören. Der Tesla aufgrund des lautereren Elektromotors ohne AVAS und des lauten AVAS im Rückwärtsgang (ohne sich fortzubewegen). Und der Aways aufgrund der Lüftungsgeräusche.

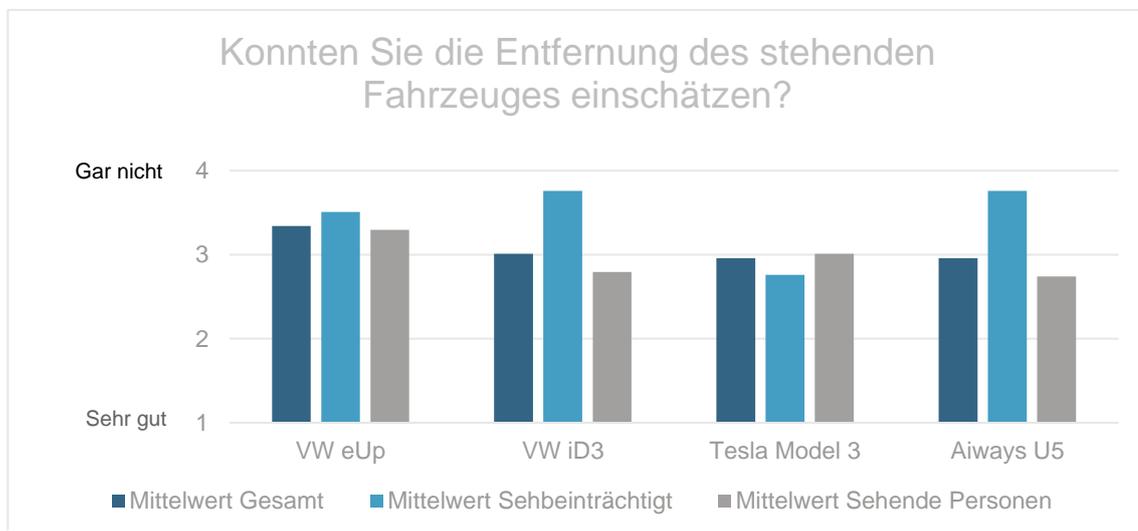


Abbildung 29: Szenario Parkieren Frage 7

Frage 7: Konnten Sie die Entfernung des stehenden Fahrzeuges einschätzen?

Die Entfernung der stehenden Fahrzeuge kann von den Teilnehmern und Teilnehmerinnen schlecht eingeschätzt werden, da die Fahrzeuge im Stillstand praktisch keine Geräusche emittieren.

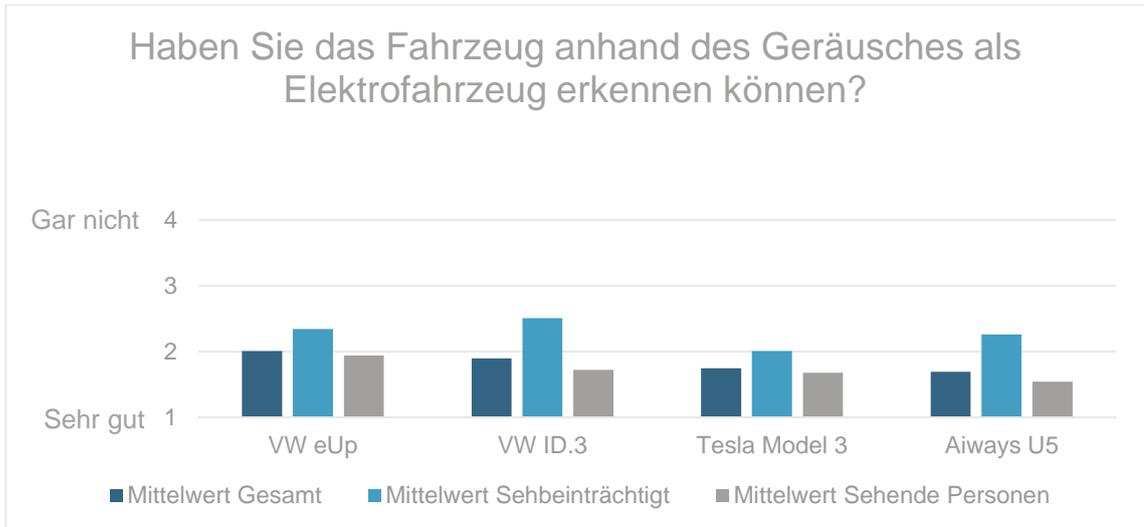


Abbildung 30: Szenario Parkieren Frage 8

Frage 8: Haben Sie das Fahrzeug anhand des Geräusches als Elektrofahrzeug erkennen können?

Auf Frage 8 zeigt sich jedoch, dass die meisten Teilnehmer und Teilnehmerinnen die Fahrzeuge in der Parksituation als Elektrofahrzeuge erkennen konnten.

Unserer Meinung nach kann diese Frage wieder davon beeinflusst sein, dass alle Teilnehmer und Teilnehmerinnen schon wussten, dass es sich um einen Test mit Elektrofahrzeugen handelt oder die Elektrofahrzeuge generell leiser empfunden werden.

Ein leiser Verbrennungsmotor unter diesen Fahrzeugen hätte wahrscheinlich durch sehr leises Anfahren auch für dieselbe Antwort gesorgt.

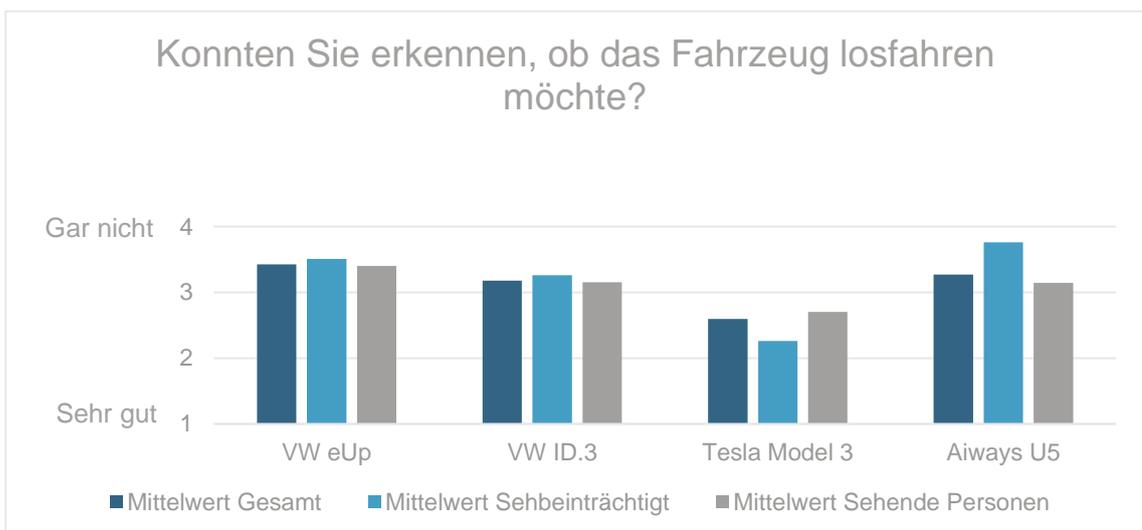


Abbildung 31: Szenario Parkieren Frage 9

Frage 9: Konnten Sie erkennen, ob das Fahrzeug losfahren möchte?



Auf Abbildung 31 ist das Ergebnis der Frage 9 abgebildet. Diese Frage zielt darauf ab, ob das Geräusch beim Losfahren eines Fahrzeugs den Teilnehmer und Teilnehmerinnen bei der Orientierung helfen kann.

Es zeigt sich jedoch, dass die meisten Personen, darunter auch die sehenden Teilnehmer und Teilnehmerinnen lediglich den Tesla Model 3 beim Losfahren erkennen können.

Interessant ist, dass die sehbeeinträchtigt Personen dies besser erkennen als die sehenden Personen.

Bei allen weiteren Fahrzeugen war nicht oder sehr schlecht zu erkennen, wann das Auto losfährt. Wir entnehmen daraus, dass ein Auto ohne AVAS im Stillstand beim Losfahren wenig bis gar nicht gehört werden kann.

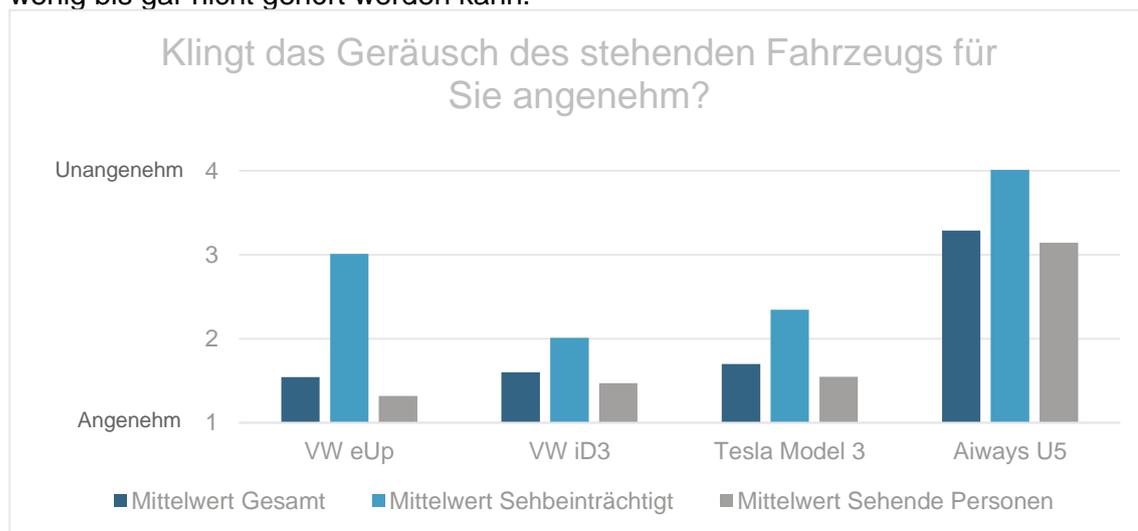


Abbildung 32: Szenario Parkieren Frage 10

Frage 10: Klingt das Geräusch des stehenden Fahrzeugs für Sie angenehm?

Bei Frage 10 wird im Parkszenario nach der möglichen «Lärmbelästigung» z.B. in einer Situation auf einem Parkplatz oder morgens beim Ausparkieren des Fahrzeugs von den Nachbarn erfragt.

Die Auswertung zeigt, dass es Unterschiede zwischen der Wahrnehmung von sehbeeinträchtigt Personen und den weiteren Teilnehmer und Teilnehmerinnen gab. Nur beim Aways U5 waren sich alle Teilnehmer und Teilnehmerinnen einig. Das Lüftungsgeräusch und auch das AVAS, welches in dem Fall unangenehm leise war, wurden bemängelt.

Auch der VW eUp wurde bei den sehbeeinträchtigt Personen als «zu leise» empfunden und wurde deshalb als «unangenehm» bewertet.

Wie auch im Szenario Tempo 30, wurden bei dieser Frage die Rückmeldungen der Teilnehmer und Teilnehmerinnen zum Klang abgeholt und bei allen Fahrzeugen war der Ton zu leise und daher eher unangenehm.

Auf der folgenden Tabelle sind einige Rückmeldungen, welche häufig auftraten kurz dargestellt.



Tabelle 3: Szenario Parking Fragen 11-12

Frage	VW eUp	VW ID.3	Tesla Model 3	Aiways U5
Was war angenehm am Geräusch?	-Unauffällig und nicht zu laut	-Futuristisch -Kein Brummen	-Rückwärts sehr gut hörbar -Hohe Frequenzen	-Surren tönt angenehm -Tiefe Töne
Was stört am Geräusch?	-Viel zu leise -Kein Ton im Stillstand	-Zu leise -Akustische Orientierung fehlt	-Zu leise -Nur Rollgeräusch im Vorwärtsgang -Anfahren im Vorwärtsgang nicht hörbar	-Distanz nicht einschätzbar -Man hört, dass es eine Lüftung ist -Viel zu leise

In der vorangehenden Studie ging es um mögliche Störfaktoren, falls viele Elektroautos auf der Strasse fahren [10]. Eine mögliche Störquelle war, dass bei gleichzeitig angelassenen Autos auf dem Verkehr eine Kakophonie entstehen könnte.

Um mögliche Kakophonie aufzunehmen, ist eine zusätzliche Frage für drei Autos mit AVAS gestellt worden.

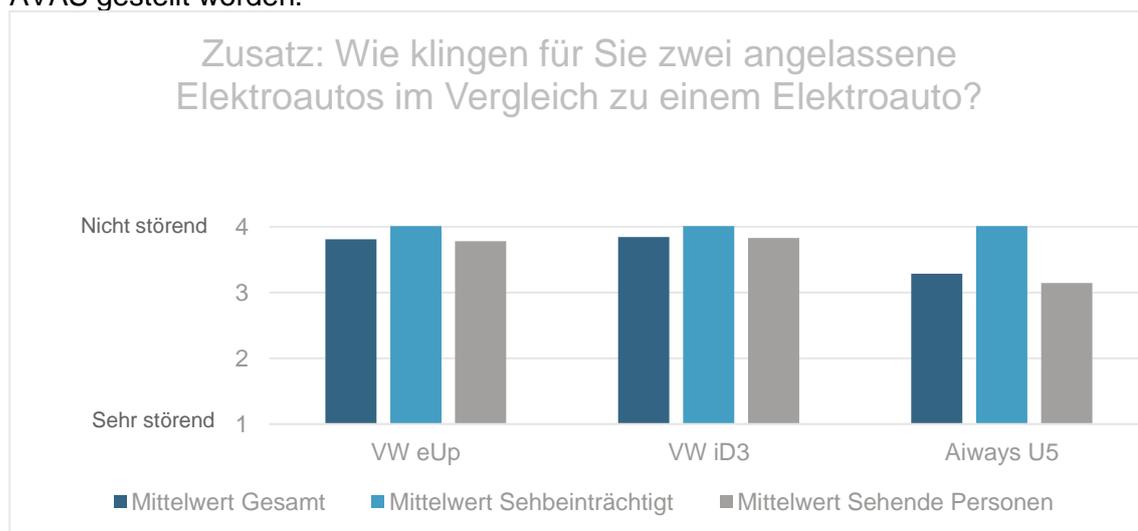


Abbildung 33: Szenario Parkieren Frage 13

Frage 13: Wie klingen für Sie zwei angelassene Elektroautos im Vergleich zu einem Elektroauto?

Es zeigte sich, dass mehrere angelassene AVAS (auch im langsamen Vorwärtsgang) nicht störend wirken. Dies ist von allen Teilnehmern und Teilnehmerinnen ähnlich beantwortet worden und damit ein eindeutiges Ergebnis zu dieser Fragestellung.

Da der Tesla Model 3 das einzige Auto ein sogenanntes «emotionales Geräusch» abgeben kann, wurde dies auch innerhalb dieser Studie im Szenario Parking getestet.



Dieses Geräusch ist als Tesla Horn bekannt. Eine gewöhnliche Hupe aus Lautsprechern (Boombox), die jedoch auf ein beliebiges Geräusch z.B. einer Ziege verändert werden kann.

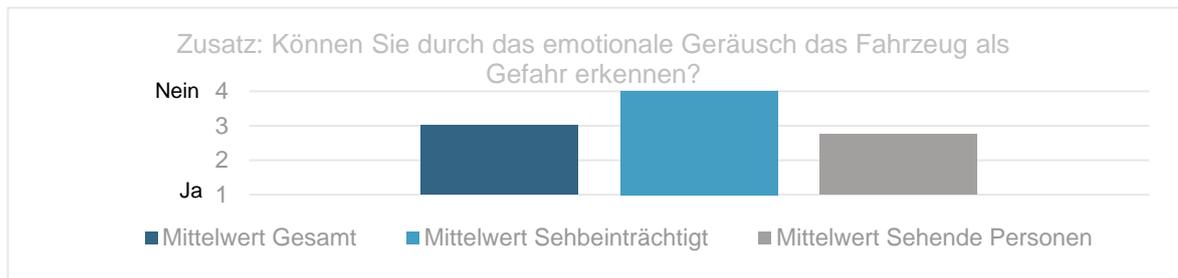


Abbildung 35: Szenario Parking Zusatz Tesla 1/3

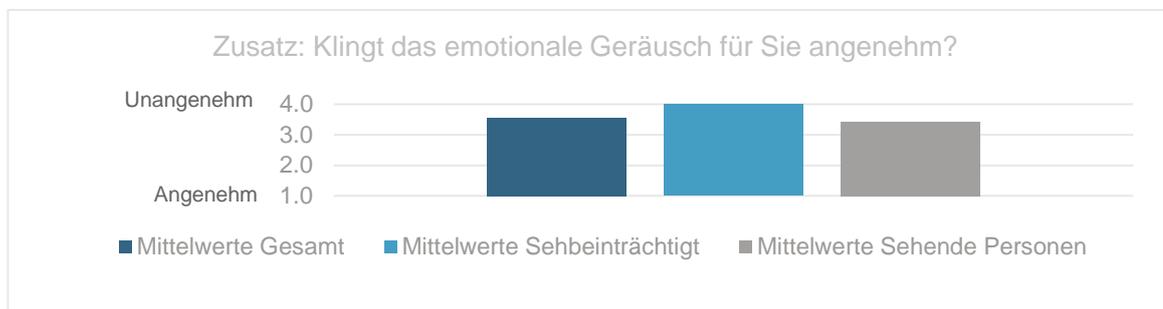


Abbildung 36: Szenario Parking Zusatz Tesla 2/3



Abbildung 34: Szenario Parking Zusatz Tesla 3/3

Alle drei Fragen zum emotionalen Geräusch zeigen ein gleiches Bild. Zunächst wird das emotionale Geräusch gar nicht als Gefahr oder als Elektrofahrzeug erkannt. Vielmehr ist es etwas Ungewohntes und Erschreckendes. Dies meinen nicht nur die sehbeeinträchtigten Personen, sondern auch die sehenden Teilnehmer und Teilnehmerinnen.

Ausserdem klingt für den Grossteil der befragten Personen das emotionale Geräusch nicht angenehm und stört vielmehr.



4.2.3. Ergebnisse Fragebogen «Um die Ecke biegen»

Bei diesem Szenario ist es so, dass auch die sehenden Personen das Fahrzeug zunächst lediglich durch den Schall wahrnehmen, weil das Auto nicht sofort sichtbar ist.

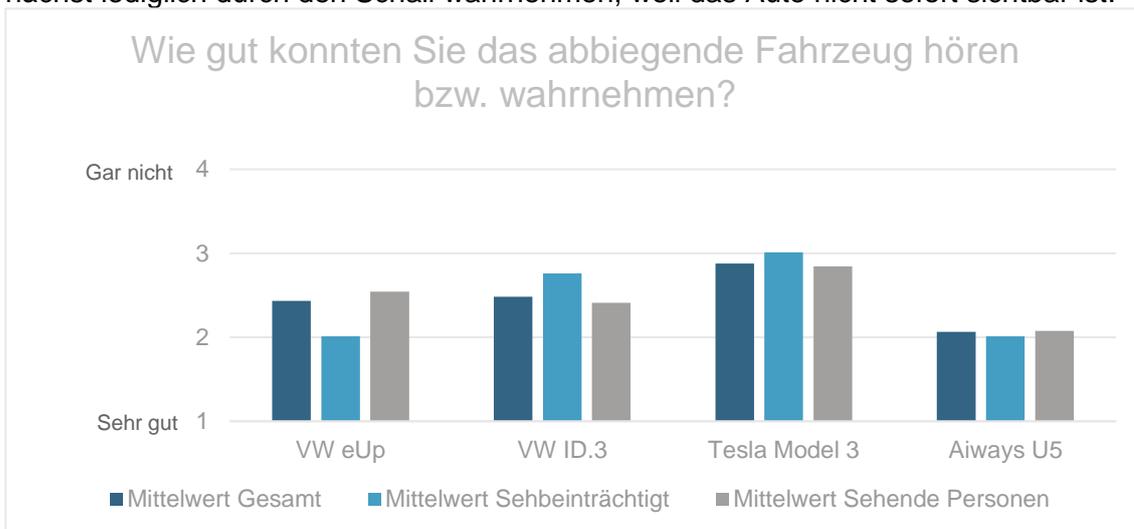


Abbildung 37: Szenario «Um die Ecke biegen» Frage 1

Frage 1: Wie gut konnten Sie das abbiegende Fahrzeug hören bzw. wahrnehmen?

Auf Abbildung 37 ist das Ergebnis der 1. Frage aufgezeigt.

Es zeigt sich, dass der Aiways U5 von allen Teilnehmern und Teilnehmerinnen am besten wahrgenommen wurde. Zudem ist auch interessant, dass zum ersten Mal die sehbeeinträchtigteten Personen z.B. den VW eUp und auch den Aiways U5 besser wahrnehmen als die sehenden Personen.

Generell wird der Tesla Model 3 am schlechtesten wahrgenommen, dies sowohl von den sehenden wie auch von den sehbeeinträchtigteten Teilnehmern und Teilnehmerinnen. An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass der Tesla Model 3 bereits mit dem Elektromotor die Geräuschpegel gemäss UNECE Richtlinie erfüllt. Es zeigt sich hier eine Tendenz hin zur erhöhten Sicherheit durch ein zusätzliches AVAS.

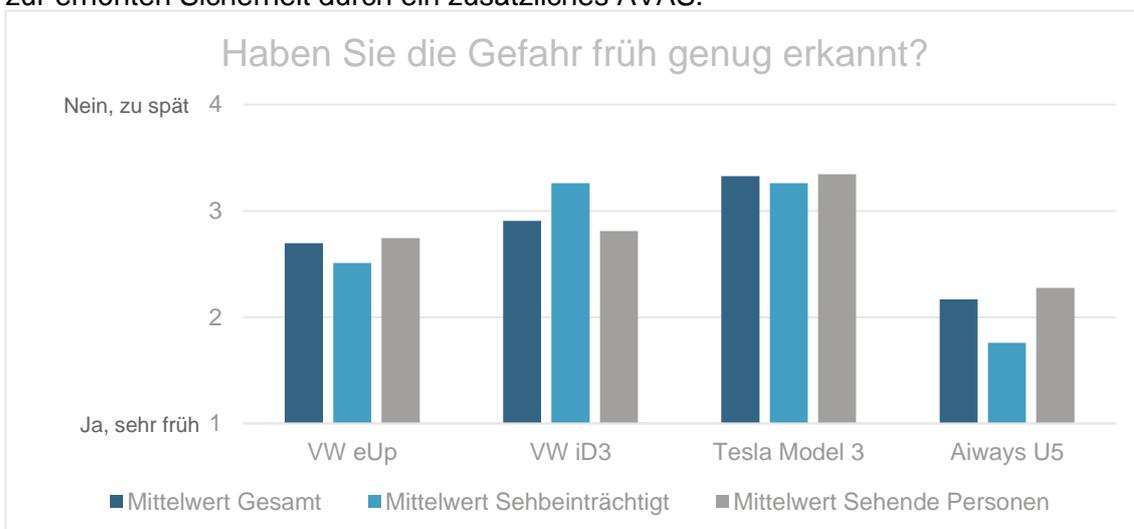


Abbildung 38: Szenario «Um die Ecke biegen» Frage 2



Frage 2: Haben Sie die Gefahr früh genug erkannt?

Auch diese Frage zeigt das gleiche Bild wie die Frage 1. Bei drei von vier Autos haben die sehbeeinträchtigteten Personen die Fahrzeuge früher erkannt. Ebenso wie in Frage 1 ist auch hier der Aiways am besten erkannt worden. Darauf folgt wieder der VW eUp. Mit Ausnahme des Aiways werden die Fahrzeuge eher zu spät als Gefahr erkannt.

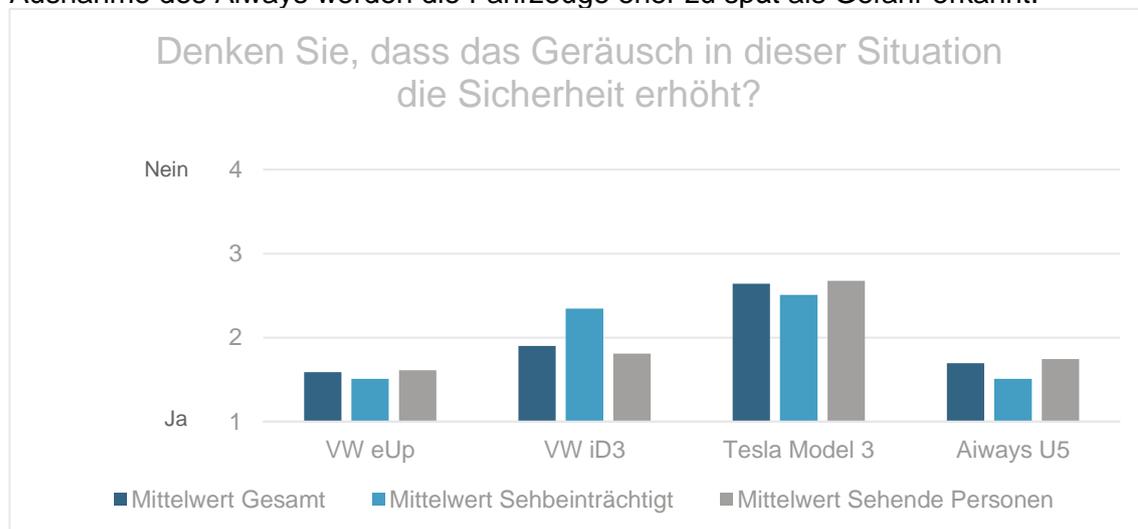


Abbildung 39: Szenario «Um die Ecke biegen» Frage 3

Frage 3: Denken Sie, dass das Geräusch in dieser Situation die Sicherheit erhöht?

Die Frage 3 ist bezogen auf das AVAS und ob dieses Geräusch des Fahrzeugs die Sicherheit erhöht. Bei allen Fahrzeugen mit einem eingebauten AVAS (VW eUp und ID.3 sowie dem Aiways U5) wird angegeben, dass dieses Geräusch die Sicherheit in dieser Situation erhöht.

Beim Tesla Model 3 zeigen die Auswertungen, dass das Geräusch des Elektromotors die Sicherheit aus Sicht der Teilnehmer und Teilnehmerinnen nicht stark erhöht. Mit dem Mittelwert von 2.66 bei den sehenden Personen und 2.5 bei den sehbeeinträchtigteten Personen wird das Elektrogeräusch des Tesla Model 3 von beiden Parteien eher unsicher empfunden. Wieder möchten wir betonen, dass beim Tesla Model 3 gar kein AVAS verfügbar ist, obwohl der Test von der UNECE mit dem Elektromotor bestanden wird.

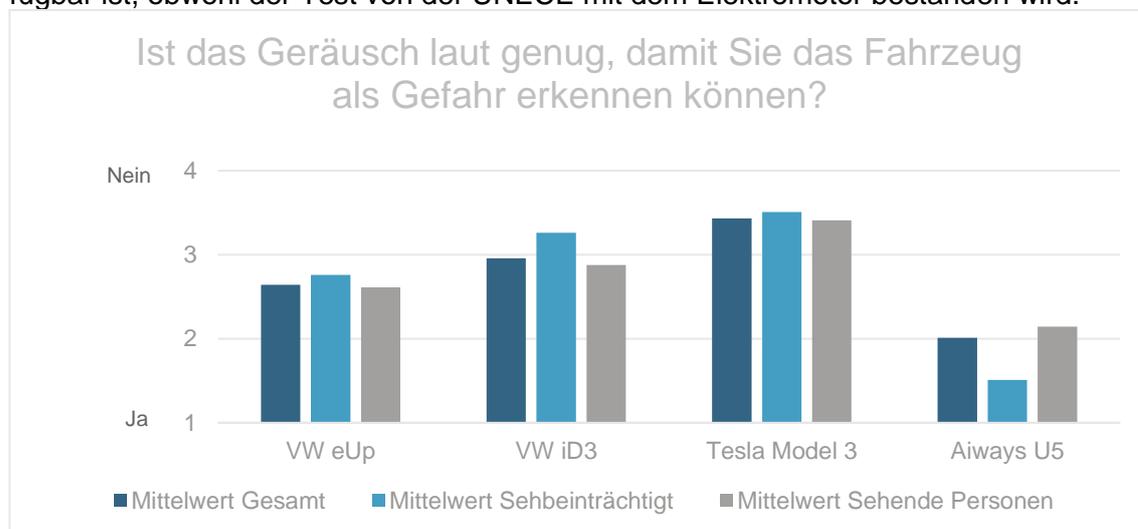


Abbildung 40: Szenario «Um die Ecke biegen» Frage 4



Frage 4: Ist das Geräusch laut genug, damit Sie das Fahrzeug als Gefahr erkennen können?

Auf der Abbildung 40 ist deutlich erkennbar, dass der Aiways U5 laut genug war, um das Fahrzeug in dieser Situation als Gefahr zu erkennen. Alle anderen Fahrzeuge waren zu leise.

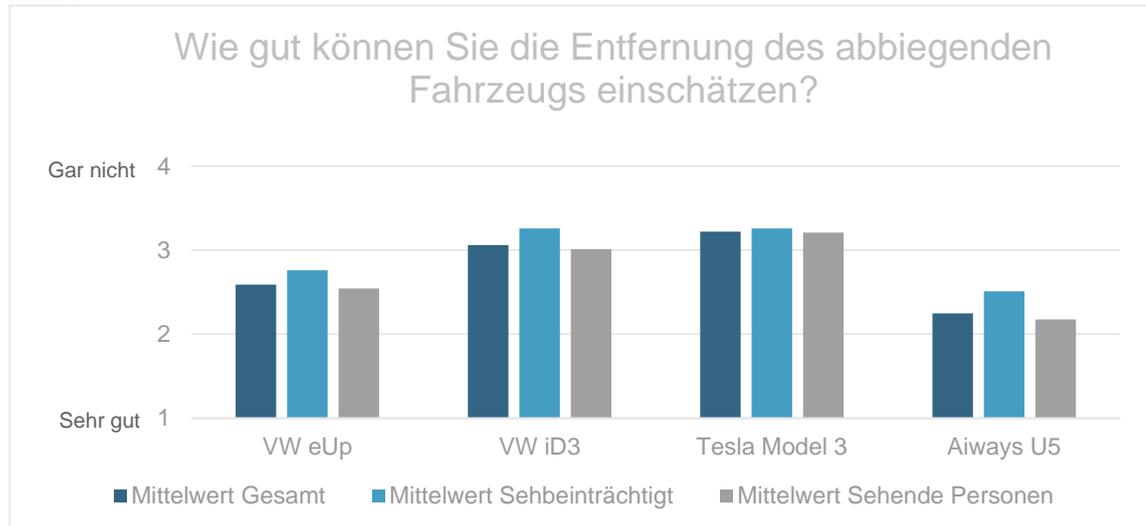


Abbildung 41: Szenario «Um die Ecke biegen» Frage 5

Frage 5: Wie gut konnten Sie die Entfernung des abbiegenden Fahrzeugs einschätzen?

Es fällt bei dieser 5. Frage auf, dass der Aiways von den blinden Teilnehmern und Teilnehmerinnen besser erkannt worden ist. Ausserdem wird nun auch wieder deutlich, wie nah beieinander die Bewertungen für die Gefahrerkennung liegen, wenn auch die sehenden Personen das Fahrzeug zunächst hören müssen, bevor sie dieses sehen.

Die Auswertungen der Frage 5 zeigt, dass der Tesla Model 3 wie auch bei der Frage zuvor am schlechtesten abschneidet und der Aiways U5 am besten. Interessant ist hierbei aber auch, dass der VW eUp, obwohl dieser über kleinere Reifen verfügt, besser gehört wird als der VW ID.3.

Die Wahrnehmung der sehbeeinträchtigteten Personen ist dabei ähnlich wie die Wahrnehmung der sehenden Personen.

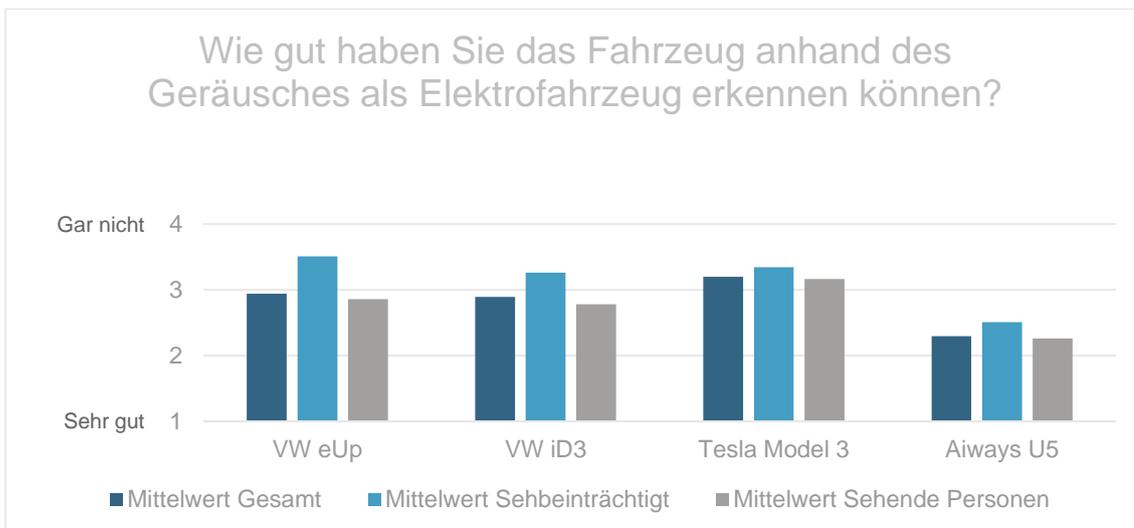


Abbildung 42: Szenario «Um die Ecke biegen» Frage 6

Frage 6: Wie gut haben Sie das Fahrzeug anhand des Geräusches als Elektrofahrzeug erkennen können?

Anders als bei den vorherigen beiden Szenarien werden beim Szenario «um die Ecke biegen» nur der Aiways eher als Elektrofahrzeug wahrgenommen. Die anderen Fahrzeuge wurden eher nicht als Elektrofahrzeuge wahrgenommen. Es scheint also, dass sich der Aiways nicht allein durch das Rollgeräusch erkannt wurde, da es am besten als Elektrofahrzeug erkennbar war.

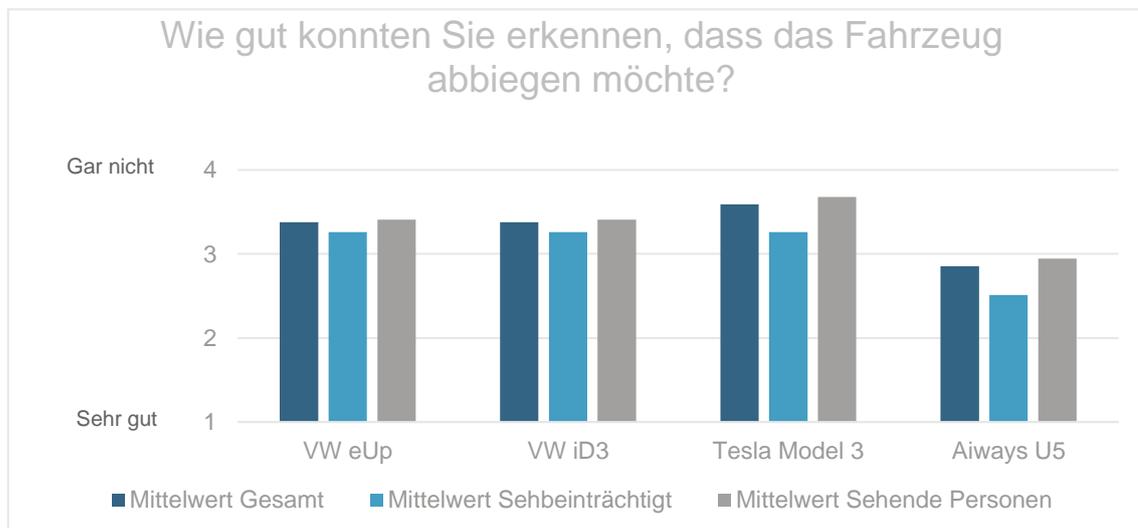


Abbildung 43: Szenario «Um die Ecke biegen» Frage 7

Frage 7: Wie gut konnten Sie erkennen, dass das Fahrzeug abbiegen möchte?

Bei der Frage 7 wurde speziell auf die Orientierung der Teilnehmer und Teilnehmerinnen beim Abbiegen gezielt. Generell konnte von den Teilnehmer und Teilnehmerinnen schlecht erkannt werden, ob das Auto abbiegen möchte. Wir gehen jedoch davon aus, dass auch Autos mit Verbrennungsmotor die gleichen Antworten erhalten würden, es ist jedoch interessant, wieso der Aiways dabei besser abschneiden konnte als andere Fahrzeuge. Rollgeräusche können wahrscheinlich einen Unterschied in der Wahrnehmung des Abbiegens bei größeren Reifen haben.

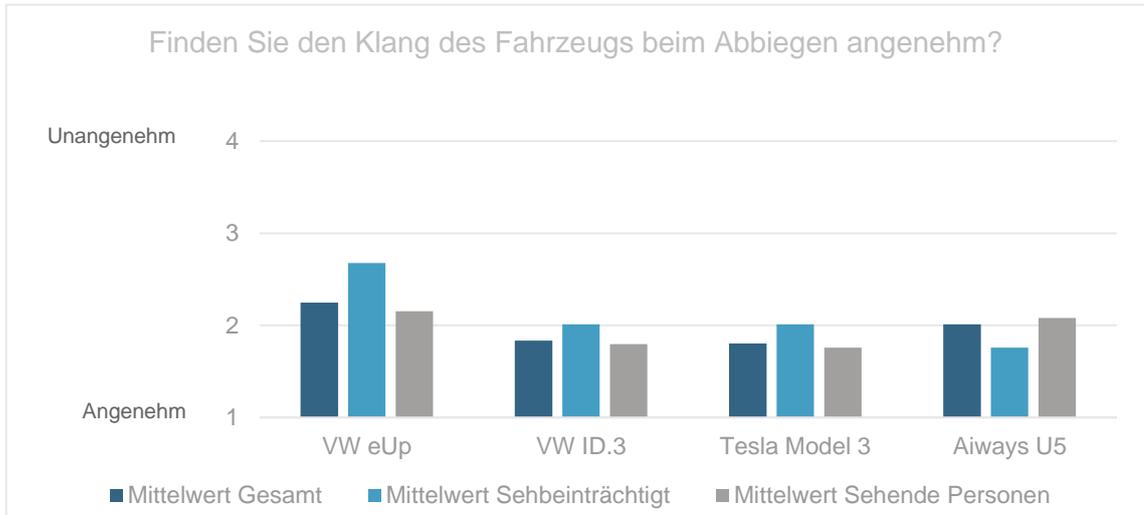


Abbildung 44: Szenario «Um die Ecke biegen» Frage 8

Frage 8: Finden Sie den Klang des Fahrzeugs beim Abbiegen angenehm?

Bei diesen Fahrzeugen waren die niedrigeren Geschwindigkeiten ausschlaggebend für das Empfinden der Tonalität. Der Klang des VW eUp wurde im Abbiegen als unangenehmer wahrgenommen als die anderen Modelle. Dies ist wahrscheinlich auch der Grund, weshalb der eUp besser als Elektrofahrzeug erkannt wird als der ID.3. Generell wurden die Klänge der AVAS der verschiedenen Fahrzeuge eher als angenehm empfunden.

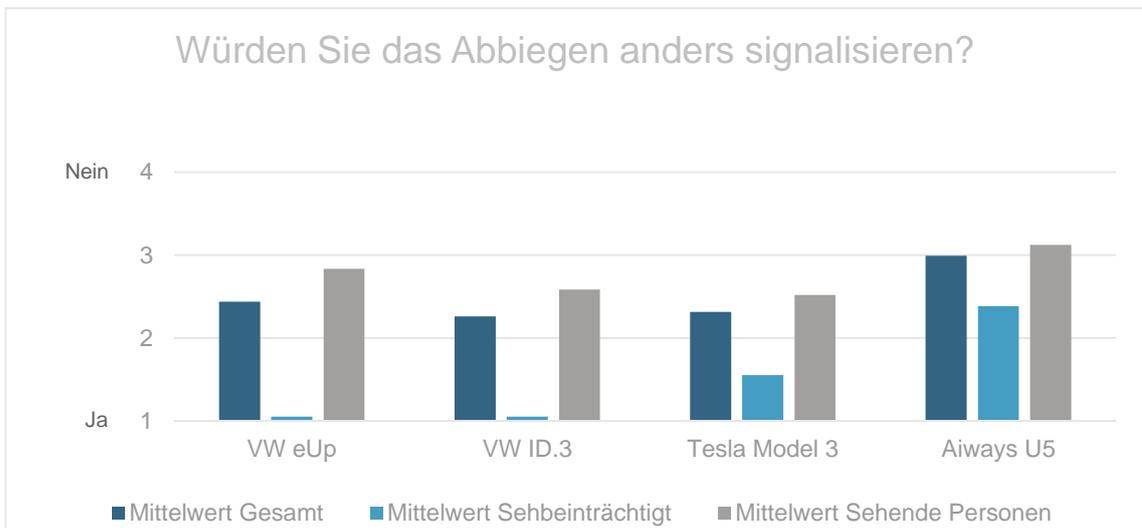


Abbildung 45: Szenario «Um die Ecke biegen» Frage 9

Frage 9: Würden Sie das Abbiegen anders signalisieren?



Bei der Frage 9 scheiden sich die Meinungen. Während die sehbeeinträchtigte Personen das Abbiegen anders signalisieren würden, sind die sehenden Personen eher dagegen. Diese Frage zeigt auch, dass beim Aiways U5 die Signalisierung schon zufriedenstellend ist.

Auch hier stellt sich die Frage, was genau dazu führt, dass der Aiways am besten abschneidet. Wahrscheinlich die grossen Reifen oder die Luftverdrängung, die dafür sorgen, dass ein Abbiegen besser wahrgenommen werden kann.

Für die meisten Teilnehmer und Teilnehmerinnen sollte auf das Abbiegen zwingend mit einem anderen AVAS hingewiesen werden als das AVAS beim normalen Geradeausfahren.

Die nächste Frage zeigt einige Vorschläge seitens Teilnehmer und Teilnehmerinnen, wie ein Abbiegen auch signalisiert werden könnte gemäss ihren Bedürfnissen.

Tabelle 4: Szenario «Um die Ecke biegen» Frage 10

Frage	Vorschläge zur Änderung der Signalisierung im Abbiegen
Was fehlt Ihnen bei der Signalisierung im Abbiegen?	<ul style="list-style-type: none">-Sollte lauter sein-Blinkgeräusch-Tonschwankungen-Andere Tonlage-Zusätzlicher Ton



5. Diskussion

Der vorliegende Bericht fasst die Kernergebnisse des durch das Bundesamt für Umwelt (BAFU) in Auftrag gegebenen Projekts «Akzeptanz aktueller Fussgängerhinweissysteme (AVAS) in der Schweizer Bevölkerung» zusammen. Das Projekt wurde in der Zeit zwischen Dezember 2021 und August 2022 durch die AWK Group durchgeführt. Kernziel des Projekts war es, die heute in der Schweiz vorhandenen akustischen Fussgängerhinweissignale (AVAS, Acoustic Vehicle Alerting System) von Elektrofahrzeugen auf die Akzeptanz in der Schweizer Bevölkerung zu überprüfen.

Das Ergebnis der Akzeptanztests sind über 36 beantwortete Fragen zu aktuellen Fussgängerhinweissystemen von 19 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus verschiedenen Branchen wie z.B. der Pädagogik, Akustik, des Lärmschutzes, Fahrzeugtechnik und Blindenvereinen in der Schweiz. Die Ergebnisse werden in der Reihenfolge der durchgeführten Szenarien diskutiert.

Aus dem ersten Szenario «Tempo 30» des Akzeptanztests ist zu erkennen, dass die Fahrzeuge mit abnehmender Geschwindigkeit schlechter wahrgenommen werden. Bei den Fragen zum Klang der AVAS ist erkennbar, dass sich die Antworten der sehenden und der sehbeeinträchtigten Personen stärker unterscheiden. Sehende Personen empfinden die AVAS weniger als zusätzliche Sicherheit und eher als störend als die sehbeeinträchtigten Testpersonen, da diese auf die AVAS zur Erkennung der Gefahr angewiesen sind. Generell zeigt sich aber, dass das AVAS für alle Teilnehmer und Teilnehmerinnen als erhöhte Sicherheit auf dem Strassenverkehr wahrgenommen wird und somit seinen Zweck erfüllt. Insgesamt werden die heute vorhandenen Hinweissignale eher angenehm als störend empfunden.

Beim Szenario «Parkieren» werden die vorwärts parkierenden Autos von den sehbeeinträchtigten Personen eher schlechter wahrgenommen als von den sehenden Personen. Dies kann damit begründet werden, dass die Wahrnehmung bei den sehbeeinträchtigten Personen allein über das Gehör erfolgt, während die sehenden Personen beim fahrenden Fahrzeug die genauen Bewegungen auch noch optisch wahrnehmen. Beim Rückwärtsfahren wird der Tesla Model 3 am besten wahrgenommen, da dieser über ein lautes Warnsignal beim Rückwärtsfahren verfügt. Die stillstehenden Fahrzeuge emittieren kein Geräusch und können somit nicht wahrgenommen werden. Die sehenden Probanden beurteilten die AVAS der parkierenden Autos als angenehm, mit Ausnahme des Aiways U5, welcher von allen Teilnehmer und Teilnehmerinnen als unangenehm eingestuft wurde. Beim Aiways U5 ist die Lüftung gut hörbar. Es könnte sein, dass das Rauschen der Lüftung ausschlaggebend für diese Beurteilung war. Dieses Rauschen resultiert aus der Klimaanlage im Sommer. Eventuell kann es sein, dass dieses Rauschen im Winter keine Auswirkungen auf die Wahrnehmung des Geräusches hat. Von den sehbeeinträchtigten Teilnehmer und Teilnehmerinnen wurden die AVAS eher als unangenehm wahrgenommen. Dies evtl. aus dem Grund, dass nicht das AVAS an sich unangenehm, sondern für die sehbeeinträchtigten Personen zu leise ist.

Das Szenario «um die Ecke biegen» hat gezeigt, dass trotz vorhandenen AVAS nicht erkennen werden konnte, ob die Fahrzeuge abbiegen oder nicht. Bei den herkömmlichen Fahrzeugen ist dies jedoch auch nicht der Fall, da die Fahrzeuge neben dem Blinker über keine zusätzlichen Signale verfügen, um das Abbiegen zu signalisieren. Zudem hat dieses Szenario zeigen können, dass der Tesla Model 3 für alle Teilnehmer und Teilnehmerinnen am schwierigsten gehört werden konnte, da kein richtiges AVAS installiert ist (obwohl die UNECE Standards mit den Geräuschemissionen des Elektromotors eingehalten werden).

Der Akzeptanztest hat unter eher ruhigeren Konditionen stattgefunden, daher kann keine Aussage darüber gemacht werden, ob das AVAS bei einer Verkehrssituation mit höheren Umgebungsgeräuschen sinnvoll und laut genug eingesetzt wird. Ausserdem ist in einem Test mit verschiedenen Fahrzeugen immer ein Fahrzeug, welches leiser oder lauter sein



wird, und das AVAS von dem getesteten Fahrzeug in der Menge an Fahrzeugen untergeht. Auch bei bestehendem Standard durch die UNECE Richtlinie werden die Töne unterschiedlich laut wahrgenommen.

Ein weiteres Ergebnis aus den Akzeptanztests ist auch die Einigkeit zu emotionalen Geräuschen. Das Horn vom Tesla Model 3 wurde von allen Teilnehmer und Teilnehmerinnen als störend und unnötig empfunden. Aus dieser Analyse leiten sich mögliche Massnahmen zur Anpassung der Richtlinie (Verordnung Nr. 540/2014) ab, um erhöhtes Störpotential mit zusätzlicher Ablenkung für die Bevölkerung zu verringern.

Alle Ergebnisse können auch bei dieser eher geringen Anzahl an Teilnehmer und Teilnehmerinnen als Tendenz interpretiert werden und verfügen somit, auch wenn in diesem Fall lediglich eine Stichprobe extrapoliert wird, über eine Aussagekraft.



6. Fazit

Das Thema «Lärm» und die Elektromobilität bewegen die Schweizer Gesellschaft gleichermassen. Im Zentrum steht dabei stets der Mensch, dessen Gesundheit sowohl durch geeignete Massnahmen zum Lärmschutz als auch durch Gewährleistung der Sicherheit im Strassenverkehr zu garantieren ist. Daraus ergibt sich ein Spannungsfeld, welches mithilfe sachlicher Kommunikation zwischen den Lärmschützerinnen und Lärmschützer und Blindenverbänden gelöst werden kann.

Ein erster Schritt in diese Richtung ist der Akzeptanztest im vorliegenden Dokument.

Durch die Szenarien, welche an reale Situationen aus dem Alltag angelehnt waren, konnte die Akzeptanz einer Auswahl aktueller Fussgängerhinweissysteme von auf dem Schweizer Markt verbreiteten Elektrofahrzeugen verschiedener Hersteller durch die freiwilligen Teilnehmer analysiert werden.

Für eine repräsentative Auswahl an Stakeholder gab es innerhalb dieses Akzeptanztests die Möglichkeit ein Gefühl dafür zu bekommen, wie die Mobilität der Zukunft sich anhören wird. Dieser Einladung sind insgesamt 19 Personen gefolgt, welche daraufhin ihre Meinung mit uns geteilt haben.

Es konnten folgende Erkenntnisse gewonnen werden, bei denen das Spannungsfeld grösser vermutet wurde.

- Ein Fussgängerhinweissystem dient allen Verkehrsteilnehmer und -teilnehmerinnen als erhöhte Sicherheit im Strassenverkehr, nicht nur für schwächere Verkehrsteilnehmer und -teilnehmerinnen wie blinde, sehbeeinträchtigte oder hörgeschwächte Personen.
- Die befragten Personen verbinden die AVAS nicht mit Lärm und finden die Geräusche angenehmer als die Geräusche von Verbrennungsmotoren.
- Emotionale Geräusche sind für alle Teilnehmer und Teilnehmerinnen eine zusätzliche Lärmbelastung



Referenzierte Dokumente

In der folgenden Tabelle sind alle referenzierten Dokumente sowie die wichtigsten im Projekt erstellten Dokumente aufgeführt.

Titel	Autor / Herausgeber	Datum	Link / Datei
[1] Auswirkungen des Lärms	Bundesamt für Umwelt BAFU	25.10.2019	https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/laerm/fachinformationen/auswirkungen-des-laerms.html
[2] Elektroautos müssen neu auch in der Schweiz Lärm machen	eMobility	06.05.2019	https://www.emobility-schweiz.ch/berichte/190506/
[3] Addendum 137: UN-Regulation No. 138	Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen	10.10.2017	https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2017/R138r1e.pdf
[4] Adaptive acoustic vehicle alerting sound, AVAS, for electric vehicles	Truls Berge Frode Haukland	2019	https://www.sintef.no/publikasjoner/publikasjon/?pubid=1682406
[5] Noise from electric vehicles	Skov & Iversen	2015	https://www.veidirektoratet.dk/api/drupal/sites/default/files/publications/noise_from_electric_vehicles_0.pdf
[6] The sound of silence of electric vehicles – Issues and Answers	Misdariis & Pardo	2017	https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01708883
[7] Lärmauswirkungen von Acoustic Vehicle Alerting Systems (AVAS) bei Elektro- und Hybridfahrzeugen	Emanuel Hammer Erik Bühlmann Vincent Roth	2019	Noch nicht veröffentlicht
[8] Bundesrat gegen Geräuschgeneratoren für E-Bikes	Swissinfo.ch	2014	https://www.swissinfo.ch/ger/bundesrat-gegen-geraeschgeneratoren-fuer-e-bikes/40693986
[9] Verkehrsflächen für den Langsamverkehr	Bundesamt für Strassen ASTRA	2021	https://www.newsadmin.ch/newsd/message/attachments/69506.pdf
[10] Geräuschoptimierte AVAS und alternative Fahrzeugerkennungssysteme	Bundesamt für Umwelt BAFU	2020	Noch nicht veröffentlicht
[11] Die Zukunft ist langsam	Fokus.Swiss	2021	https://fokus.swiss/lifestyle/mobilitaet/die-zukunft-ist-langsam/
[12] Veloverkaufsstatistik 2021	velosuisse	2022	https://www.velosuisse.ch/wp-content/uploads/2022/03/2021_Veloverkaufsstatistik_Schweizer_Markt.pdf
[13] Mit Velo und E-Bike unterwegs	Bfu	2022	https://www.bfu.ch/de/dossiers/velo-und-e-bike
[14] Verordnung über die technischen Anforderungen an Strassenfahrzeuge	Systematische Rechtsammlung	2022	https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1995/4425_4425_4425/de



Danksagung

Wir möchten sämtlichen Teilnehmer und Teilnehmerinnen des Akzeptanztests herzlich danken. Dank der aktiven Mitarbeit konnten wir die in diesem Bericht geschilderten Ergebnisse überhaupt erst erhalten.

Weiter möchten wir uns bei Herrn Martin Abele des SBV für seine Unterstützung bei der Konzeption der Fragebögen bedanken. Die Formulierung der Fragen so zu gestalten, dass sowohl sehende als auch sehbeeinträchtigte Personen gleichzeitig angesprochen werden, war sehr wichtig und zentral für die Ergebnislieferung.



Anhang

A.1. Fragebogen Szenario «Tempo 30»

Gefahrenerkennung

1. Wie gut konnten Sie das vorbeifahrende Fahrzeug hören bzw. wahrnehmen?
Sehr gut Gar nicht
2. An welchem Geräusch haben Sie das Fahrzeug erkannt?
Am AVAS Am Rollgeräusch
3. Ist das Geräusch laut genug, damit Sie das Fahrzeug als Gefahr erkennen können?
Ja, laut genug Nein, zu leise
4. Empfinden Sie das zusätzliche Geräusch generell eher als zusätzliche Sicherheit?
Zusätzliche Sicherheit Keine zusätzliche Sicherheit

Orientierung

5. Wie gut konnten Sie die Entfernung des Fahrzeuges einschätzen?
Sehr gut Gar nicht
6. Haben Sie das Fahrzeug anhand des Geräusches als Elektrofahrzeug erkennen können?
Sehr gut Gar nicht
7. Wie gut konnten Sie jeweils erkennen aus welcher Richtung das Fahrzeug angefahren kommt?
Sehr gut Gar nicht

Klang

8. Klingt das Geräusch für Sie angenehm oder unangenehm?
Angenehm Unangenehm
9. Was ist angenehm am Geräusch?

10. Was stört Sie an dem Geräusch?

11. Verbinden Sie dieses Geräusch mit Lärm?
Ja Nein
12. Wie finden Sie das Geräusch im Vergleich zum Antriebsgeräusch eines "normalen" Fahrzeuges?
störender weniger störend



A.2. Fragebogen Szenario «Parkieren»

Gefahrenerkennung

1. Wie gut konnten Sie das vorwärts parkierende Fahrzeug hören bzw. wahrnehmen?
Sehr gut Gar nicht
 2. An welchem Geräusch haben Sie das vorwärts parkierende Fahrzeug erkannt?
Am AVAS Am Rollgeräusch
 3. Wie gut konnten Sie das rückwärts parkierende Fahrzeug hören bzw. wahrnehmen?
Sehr gut Gar nicht
 4. An welchem Geräusch haben Sie das rückwärts parkierende Fahrzeug erkannt?
Am AVAS Am Rollgeräusch
 5. Ist das Geräusch des stehenden Fahrzeugs laut genug, damit Sie das Fahrzeug als Gefahr erkennen können?
Laut genug Zu leise
 6. Empfinden Sie das zusätzliche Geräusch generell eher als störend oder als zusätzliche Sicherheit?
Zusätzliche Sicherheit Störend
 7. Bonus: Können Sie das anfahrende Elektroauto auch hören, wenn ein anderes Fahrzeug eingeschaltet ist?
Ja Nein
- Bonus: Können Sie durch das emotionale Geräusch das Fahrzeug als Gefahr erkennen?
- Ja Nein

Orientierung

8. Konnten Sie die Entfernung des stehenden Fahrzeuges einschätzen?
Sehr gut Gar nicht
9. Haben Sie das Fahrzeug anhand des Geräusches als Elektrofahrzeug erkennen können?
Sehr gut Gar nicht
10. Konnten Sie erkennen, ob das Fahrzeug losfahren möchte?
Sehr gut Gar nicht

Klang

11. Klingt das Geräusch des stehenden Fahrzeugs für Sie angenehm?
Angenehm Unangenehm
12. Was stört Sie an dem Geräusch?

13. Was ist angenehm am Geräusch?

14. Bonus: Verbinden Sie das emotionale Geräusch mit einem Elektrofahrzeug?
Ja Nein
15. Bonus: Klingt das emotionale Geräusch für Sie angenehm?
Angenehm Unangenehm
16. Was stört Sie an dem emotionalen Geräusch?

17. Was ist angenehm an dem Geräusch?



A.3. Fragebogen Szenario «Um die Ecke biegen»

Gefahrenerkennung

1. Wie gut konnten Sie das abbiegende Fahrzeug hören bzw. wahrnehmen?
Sehr gut Gar nicht
2. Haben Sie die Gefahr früh genug erkannt?
Ja, früh genug erkannt Nein, zu spät erkannt
3. Denken Sie, dass das Geräusch in dieser Situation die Sicherheit erhöht?
Ja Nein
4. Ist das Geräusch laut genug, damit Sie das Fahrzeug als Gefahr erkennen können?
Ja, laut genug Nein, zu leise

Orientierung

5. Wie gut konnten Sie die Entfernung des abbiegenden Fahrzeugs einschätzen?
Sehr gut Sehr schlecht
6. Haben Sie das Fahrzeug auch bei Nebengeräuschen durch ein anderes Fahrzeug hören können?
Sehr gut Gar nicht
7. Wie gut konnten Sie erkennen, dass das Fahrzeug abbiegen möchte?
Sehr gut Gar nicht

Klang

8. Finden Sie den Klang des Fahrzeugs beim Abbiegen angenehm oder unangenehm?
Angenehm Unangenehm
9. Würden Sie das Abbiegen anders signalisieren?
Ja Nein

Falls Ja: Was würde Ihnen fehlen?
