



AWK Group

Enabling digital performance.

Bericht

Geräuschoptimierte AVAS und alternative Fahrzeugerkennungssysteme

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

24.11.2020, Projekt-Nr. 125460900



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
Autor*innen:	Emanuel Hammer, Daniela Christen, Baton Shala & Daniela Zimmermann
Begleitung BAFU:	Sarah Stéhly, Dominique Schneuwly, Sophie Hoehn
Hinweis:	Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Dokumentinformationen

Titel:	Geräuschoptimierte AVAS und alternative Fahrzeugerkennungssysteme	
Projektnummer:	125460900	
Veröffentlichungsdatum:	24.11.2020	
Gespeichert:	15. Dezember 2020	
Anzahl Seiten:	56 exkl. Beilagen	
Dateiname:	Ber_201211_Studie_Alternative_AVAS_v1.1.docx	
Dokumentverantwortlicher:	Peter Geissbühler	
Geprüft durch:	Korreferent /Projektbegleiter: Peter Geissbühler	Datum: 29.10.20

Versionen

Version	Datum	Wichtigste Änderungen	Verantwortlich
V0.95	30.10.2020	Schlussbericht für Review durch Auftraggeber*in	E. Hammer
V1.0	24.11.2020	Schlussbericht mit eingearbeiteten Anpassungsvorschlägen von Auftraggeber*in	E. Hammer
V1.1	11.12.2020	Schlussbericht mit finalen Anpassungen im Kapitel 5 und Referenzierte Dokumente	E. Hammer

AWK GROUP AG

Leutschenbachstrasse 45, Postfach, CH-8050 Zürich,
T +41 58 411 95 00, www.awk.ch Zürich • Bern • Basel • Lausanne



Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	5
Summary	7
1. Einleitung.....	10
1.1. Ausgangslage	10
1.2. Ziele des Projekts	11
1.3. Methodik.....	12
1.3.1. Literaturrecherche	12
1.3.2. Umfrage	12
1.3.3. Hackathon.....	12
1.3.4. Interviews.....	13
2. Analyse.....	14
2.1. Grundlagen.....	14
2.1.1. Richtlinie AVAS	14
2.1.2. Funktionsweise AVAS	16
2.1.3. Fahrassistentensysteme.....	17
2.2. Literaturrecherche.....	17
2.2.1. Geräuschemissionen im Vergleich: Elektromotor (EV) vs. Verbrennungsmotor (ICE)	17
2.2.2. Ideen für ein geräuschoptimiertes AVAS	20
2.2.3. Technische Alternativen zu AVAS	22
2.2.4. Weitere Innovationen von Unternehmen/Startups	24
2.2.5. AVAS in den Medien	26
2.2.6. Abschliessende Bewertung möglicher Massnahmen.....	27
2.3. Umfrage.....	30
2.3.1. Design.....	30
2.3.2. Durchführung	31
2.3.3. Ergebnisse: «Allgemein».....	31
2.3.4. Ergebnisse: «Fachexpert*innen».....	34
2.3.5. Abschliessende Bewertung der Umfrage.....	39
3. Design	41
3.1. Virtueller Hackathon «Leise Fussgängerhinweissysteme».....	41
3.1.1. Design.....	41
3.1.2. Durchführung	41
3.1.3. Ergebnisse: Priorisierte Ideen	42
3.1.4. Abschliessende Bewertung Hackathon	43
3.2. Lösungsansätze.....	43
3.2.1. Stadt als Lebensraum	43
3.2.2. Harmonisches Hinweissignal durch Flottenintelligenz	44
3.2.3. Wechselseitige Warnung zwischen Fussgänger und Fahrzeug.....	44



3.2.4. Intelligentes bzw. Situatives AVAS	45
3.2.5. Gerichteter Schall.....	46
3.2.6. Abschliessende Bewertung der Lösungsansätze	46
4. Validierung	47
4.1. Zielsetzung	47
4.2. Durchführung.....	47
4.3. Ergebnisse: Experten-Interviews	47
4.3.1. Stadt als Lebensraum	47
4.3.2. Harmonisches Hinweissignal durch Flottenintelligenz	48
4.3.3. Wechselseitige Warnung zwischen Fussgänger und Fahrzeug.....	48
4.3.4. Intelligentes/Situatives AVAS	49
4.3.5. Gerichteter Schall.....	49
4.4. Abschliessende Bewertung der Interviews.....	50
5. Diskussion	51
6. Fazit	52
Referenzierte Dokumente	53
Danksagung.....	56



Zusammenfassung

In der Schweiz ist tagsüber jede siebte und in der Nacht jede achte Person an ihrem Wohnort von schädlichem oder lästigem Verkehrslärm betroffen. Die resultierende Lärmbelastung kann sich negativ auf die Gesundheit der Bevölkerung auswirken und wirtschaftliche Folgen für betroffene Wohnquartiere und Gebiete bedingen. Die bedeutendste Störquelle ist der Strassenverkehr und verursacht in der Schweiz externe Kosten von jährlich über 2 Mia. CHF [1]. Somit wird in der Schweiz sehr viel Geld für Lärmschutz investiert, hauptsächlich für Massnahmen gegen Strassenlärm [1]. Die effektivsten Lärmschutzmassnahmen sind dabei diejenigen, die direkt an der Quelle wirken, bspw. Geschwindigkeitsreduktionen oder lärmarme Beläge. Auch die Fahrzeugflotte kann einen Beitrag zur Lärmreduktion leisten. Elektro- und Hybridfahrzeuge, aber auch Fahrzeuge mit modernen Verbrennungsmotoren können den Lärm bei niedrigen Geschwindigkeiten oder «Stop and Go»-Verkehr spürbar mindern. In Kombination mit verkehrsberuhigten Strassen, wie z.B. Tempo 30 oder Zone 20, stellen sie ein grosses Lärmreduktionspotential in Städten und Agglomerationen dar. Die Installation eines «Acoustic Vehicle Alerting System» (AVAS), also eines künstlich erzeugten Fahrgeräusches, könnte das Potential zur Lärmreduktion schmälern, da damit wieder mehr Lärm auf der Strasse erzeugt wird. Die resultierende Lärmbelastung kann sich negativ auf die Gesundheit der Bevölkerung auswirken und wirtschaftliche Folgen für betroffene Wohnquartiere und Gebiete bedingen.

Ein AVAS ist ein akustisches Hinweissystem für geräuscharme Fahrzeuge, insbesondere für Elektroautos. Am 1. Juli 2019 hat die Schweiz den ersten Schritt der Übernahme der EU-Regelung (Nr. 540/2014) vollzogen. Dies bedeutet, dass ab Juli 2019 alle neuen Fahrzeugmodelle, ab Juli 2021 sogar alle zugelassenen Elektrofahrzeug- und Hybrid-Typologien mit einer AVAS-Vorrichtung ausgerüstet sein müssen. Für zugelassene Fahrzeuge vor Juli 2021 besteht bisher keine Nachrüstpflicht. 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 je nach Höhe der Frequenz und Lautstärkepegel für das menschliche Gehört auch als störend empfunden werden. Zudem werden unstete Geräusche, wie beispielsweise diese bei einem AVAS für die Rückwärtsfahrt eingesetzt werden, generell als störend wahrgenommen.

Das beschriebene Spannungsfeld zwischen Sicherheit und Lärmschutz bildet den Ausgangspunkt des Projekts «Leise Fussgängerhinweissysteme», welches durch das Bundesamt für Umwelt (BAFU, Abteilung Lärm und nichtionisierende Strahlung) beauftragt wurde. Im Rahmen des Projekts sollten geräuschoptimierte AVAS und alternative Fahrzeugerkennungssysteme recherchiert werden. Die Recherche hat den Fokus auf die Sicherheit der Bevölkerung, ohne dabei den Lärmschutz zu gefährden. Die Erkenntnisse werden im vorliegenden Bericht zusammengefasst.

Die Gliederung des Berichts entspricht dem Vorgehen im Projekt mit den Phasen: 1) Analyse (Literatur- und Trendrecherche, Quantitative Umfrage), 2) Design (Durchführung Hackathon, Definition Lösungsansätze) und 3) Validierung (Evaluation der Lösungsansätze mittels Qualitativer Interviews).

Phase 1 «Analyse» beinhaltete eine umfassende Literatur- und Trendrecherche, mit deren Hilfe die aktuelle Sachlage sowie geltende internationale Richtlinien und Gesetze erfasst und bestehende Technologien zur Umsetzung alternativer Hinweissysteme identifiziert wurden. Mittels einer Online-Umfrage wurden die gesammelten Informationen weiter verdichtet und durch bestehendes Erfahrungswissen aus der allgemeinen Bevölkerung, aus der Gruppe besonders betroffener Personen (z. B. Blinde und Sehbehinderte) sowie aus Expert*innenkreisen angereichert.



Im Rahmen von Phase 2 «Design» wurde unter Einbezug von nationalen und internationalen Fachexpert*innen ein virtueller Hackathon durchgeführt. Ziel war es, mögliche Lösungsansätze für geräuscharme Hinweissignale zu erarbeiten, die die Anforderungen der wichtigsten Anspruchsgruppen berücksichtigen. Im Ergebnis entstanden fünf praktikable Lösungsansätze um die Themen «Stadt als Lebensraum», «Harmonisches Hinweissignal durch Flottenintelligenz», «Wechselseitige Warnung zwischen Fussgänger und Fahrzeug», «Intelligentes bzw. situatives AVAS» und «Gerichteter Schall».

Die entwickelten Lösungsvorschläge wurden in der dritten Phase «Validierung» ausgewählten Vertreter*innen des Schweizerischen Blinden- und Sehbehindertenverbands SBV, des Schweizerischen Zentralvereins für das Blindenwesen SZ Blind sowie des Touring Club Schweiz TCS vorgelegt und mit Blick auf Sicherheit, technische Machbarkeit und Akzeptanz diskutiert. Als am vielversprechendsten erwiesen sich dabei das «Harmonische Hinweissignal durch Flottenintelligenz», das «intelligente bzw. situative AVAS» sowie die Überlegungen zu «Gerichtetem Schall».

Die Umsetzung der priorisierten Lösungsansätze ist für 2021 geplant. Die Arbeit an den Lösungen soll jeweils iterativ und erfahrungsbasiert unter Einbezug regelmässiger Feedbacks erfolgen. Neben der Prüfung der technischen Machbarkeit wird eine wichtige Aufgabe darin bestehen, wichtige Stakeholder kontinuierlich in den Entwicklungsprozess einzubeziehen und die geäusserten Einwände und Bedenken ernst zu nehmen. Dies ist massgeblich für den Erfolg der Vorhaben.



Summary

In Switzerland, every seventh person in the daytime and every eighth person at night is affected by harmful or irritating traffic noise at their place of residence. The resulting noise pollution can have a negative effect on the health of the general public and can have economic consequences for affected residential settlements and areas. Road traffic is the most significant source of disturbance, causing external costs of over 2 billion Swiss Francs annually [1] in Switzerland. A large sum is therefore invested towards noise protection in Switzerland, mainly in measures to combat road noise [1]. The most effective noise abatement measures are those which act directly at the source, such as speed reductions or low-noise road surfaces. The vehicle fleet can also contribute to noise reduction. Electric and hybrid vehicles, but also vehicles with modern combustion engines can noticeably reduce noise at low speeds or in "stop and go" traffic. In combination with traffic-calmed roads, e.g. speed limit 30 or zone 20, they offer great potential for noise reduction in cities and agglomerations. The installation of an "Acoustic Vehicle Alerting System" (AVAS), i.e. an artificially generated driving noise, could reduce the potential for noise reduction, as it would again generate more noise on the road. The resulting noise pollution can have a negative impact on the health of the population and have economic consequences for affected residential areas and neighbourhoods.

An AVAS is an acoustic warning system for low-noise vehicles, particularly electric cars. On July 1st 2019, Switzerland took the first step towards adopting the EU regulation (No. 540/2014). This means that from July 2019 all new vehicle models and from July 2021 even all approved electric vehicle and hybrid types must be equipped with an AVAS appliance. For vehicles registered before July 2021 there is no obligation to retrofit. The aim of the EU regulation is to ensure that especially electric vehicles can be better perceived by pedestrians, cyclists and other vulnerable stakeholders, thus improving road safety. In terms of sound, the AVAS noise is intended to remind other road users of the sound of a vehicle, which is why for example melodies are prohibited as driving noise. Depending on the level of the frequency and the volume level, the AVAS may also be perceived as disturbing to the human ear. In addition, unsteady noises, such as those used by an AVAS for reversing, are generally perceived as disturbing.

The described trade-off between safety and noise protection is the starting point of the project "Silent Pedestrian Information Systems", which was commissioned by the Federal Office for the Environment (FOEN, Noise and Non-Ionising Radiation Division). Within the project, noise-optimised AVAS and alternative vehicle detection systems were researched. The research focused on the safety of the general public without endangering noise protection. The findings are summarised in the report at hand.

The structure of the report corresponds to the project's approach with the phases: 1) Analysis (literature and trend research, quantitative survey), 2) Design (implementation of the hackathon, definition of approaches) and 3) Validation (evaluation of the approaches through qualitative interviews).

Phase 1 "Analysis" included a comprehensive literature and trend research to assess the current situation and applicable international guidelines and laws and to identify existing technologies for the implementation of alternative information systems. An online survey was used to further consolidate the collected information and enrich it with existing knowledge from the general population, from the group of people particularly affected (e.g. blind and visually impaired people) and from expert circles.

Within the scope of Phase 2 "Design", a virtual hackathon was conducted with the involvement of national and international experts. The aim was to work out possible solutions for low-noise warning signals considering the requirements of the most important stakeholders. As a result, five feasible solutions were developed around the topics "City as a Living Environment", "Harmonic Warn-



ing Signals Through Fleet Intelligence", "Mutual Warning Between Pedestrians and Vehicles", "Intelligent or Situational AVAS" and "Directional Sound".

In the third phase, "Validation", the proposed solutions were presented to selected representatives of the Swiss Association for the Blind and Visually Impaired (SBV), the Swiss National Association of and for the Blind (SZ Blind) and the Swiss Touring Club (TCS) and discussed with regards to safety, technical feasibility and acceptance. The "Harmonic Warning Signal Through Fleet Intelligence", the "Intelligent or Situational AVAS" and the considerations made on "Directional Sound" proved to be the most promising.

The implementation of the prioritised approaches is planned for 2021. Work on the approaches shall be carried out iteratively and based on experience, taking regular feedback into account. In addition to assessing the technical feasibility, an important task will be to continuously involve important stakeholders in the development process and to take the expressed objections and concerns seriously. This is crucial for the success of the project.





1. Einleitung

1.1. Ausgangslage

In der Schweiz ist tagsüber jede siebte und in der Nacht jede achte Person an ihrem Wohnort von schädlichem oder lästigem Verkehrslärm betroffen. Die resultierende Lärmbelastung kann sich negativ auf die Gesundheit der Bevölkerung auswirken und wirtschaftliche Folgen für betroffene Wohnquartiere und Gebiete bedingen. Die bedeutendste Störquelle ist der Strassenverkehr und verursacht in der Schweiz externe Kosten von jährlich über 2 Mia. CHF. Somit wird in der Schweiz sehr viel Geld für Lärmschutz investiert, hauptsächlich für Massnahmen gegen Strassenlärm [1]. Die effektivsten Lärmschutzmassnahmen sind dabei diejenigen, die direkt an der Quelle wirken, bspw. Geschwindigkeitsreduktionen oder lärmarme Beläge. Auch die Fahrzeugflotte kann einen Beitrag zur Lärmreduktion leisten, wie bspw. Mit Elektro- und Hybridfahrzeugen, aber auch Fahrzeuge mit modernen Verbrennungsmotoren können den Lärm bei niedrigen Geschwindigkeiten oder Stop an Go-Verkehr spürbar mindern. In Kombination mit verkehrsberuhigten Strassen, wie z.B. Tempo 30 oder Zone 20, stellen sie ein grosses Lärmreduktionspotential in Städten und Agglomerationen dar. Die Installation eines «Acoustic Vehicle Alerting System» (AVAS), also eines künstlich erzeugten Fahrgeräusches, könnte das Potential zur Lärmreduktion schmälern, da damit wieder mehr Lärm auf der Strasse erzeugt wird. Die resultierende Lärmbelastung kann sich negativ auf die Gesundheit der Bevölkerung auswirken und wirtschaftliche Folgen für betroffene Wohnquartiere und Gebiete bedingen. Aus diesem Grund hat das Europäische Parlament schon im Mai 2014 eine Verordnung zur Verbesserung der Fahrzeugsicherheit elektrischer und hybrider Fahrzeuge eingeführt. Die Verordnung sah vor, dass die Europäische Kommission bis zum 1. Juli 2017 zusammen mit verschiedenen Interessengruppen eine Richtlinie zu akustischen Hinweissignalen von elektrischen und hybriden Fahrzeugen entwirft. Der Entwurf wurde im März 2019 von der Europäischen Kommission angenommen, ist seit dem 1. Juli 2019 in der Europäischen Union in Kraft (Verordnung (EU) Nr. 540/2014) und wurde von der Schweiz übernommen [2].

Mit der Richtlinie wird ein akustisches Hinweissignal für Hybrid- oder Elektrofahrzeuge verpflichtend, mit dessen Hilfe die Verkehrsteilnehmer*innen und Personen mit einer Seh- oder Hörbehinderung heranfahrende Fahrzeuge auch weiterhin hören können. Dieses sogenannte «Acoustic Vehicle Alerting System» (kurz AVAS) muss seit dem 1. Juli 2019 in alle neuen Modelle eingebaut werden. Die Richtlinie besagt auch, dass ab dem 1. Juli 2021 sämtliche zugelassenen Hybrid- und Elektrofahrzeuge ein AVAS eingebaut haben müssen. Elektrisch angetriebene Fahrzeuge, die heute noch kein AVAS haben, müssen bis Mitte 2021 ein akustisches Hinweissignal nachrüsten [3].

Die flächendeckende Einführung eines AVAS bringt besonders in verkehrsberuhigten Strassen wieder mehr «Lärm» mit sich. Die resultierende Lärmelastung kann sich negativ auf die Gesundheit der Bevölkerung auswirken und wirtschaftliche Folgen für betroffene Wohnquartiere und Gebiete bedingen.

Das beschriebene Spannungsfeld Sicherheit und Lärmschutz bildet den Ausgangspunkt des Projekts «Leise Fussgängerhinweissysteme», welches durch das Bundesamt für Umwelt (BAFU, Abteilung Lärm und nichtionisierende Strahlung) beauftragt wurde. Im Rahmen des Projekts sollten geräuschoptimierte AVAS und alternative Fahrzeugerkennungssysteme recherchiert werden. Die Erkenntnisse werden im vorliegenden Bericht zusammengefasst.



1.2. Ziele des Projekts

Das Projekt «Leise Fussgängerhinweissysteme» verfolgte folgende Ziele:

- 1) Am Ende des Projekts liegen Lösungsansätze vor, welche Optimierungen oder Alternativen zum heutigen AVAS aufzeigen.
- 2) Die erarbeiteten Lösungsansätze sollen eine hohe Sicherheit im Strassenverkehr auch mit leisen Fahrzeugen, wie bspw. Elektro- und Hybridfahrzeuge und Fahrzeuge mit modernen Verbrennungsmotoren, gewährleisten können und zudem die Lärmemission auf ein Minimum reduzieren.
- 3) Die ausgewählten Lösungsansätze sind am Ende des Projekts auf ihre Machbarkeit überprüft und auf deren Akzeptanz der Betroffenen hin evaluiert.



1.3. Methodik

Um die in Kapitel 1.2 dargestellten Ziele zu erreichen wurde ein dreigliedriges Vorgehen gewählt. Am Anfang stand dabei die Erarbeitung des Status Quo im Rahmen einer Literatur- und Trendrecherche (siehe Kapitel 1.3.1), deren Ergebnisse für die Konzeption einer umfassenden Umfrage verwendet wurden. Ziel der Umfrage war es, Erfahrungswissen von sowohl Expert*innen, als auch von direkt Betroffenen und der allgemeinen Bevölkerung zum Thema AVAS abzuholen (siehe Kapitel 1.3.2). Ebenfalls bot die Umfrage den teilnehmenden Expert*innen die Möglichkeit, sich für die Teilnahme am länderübergreifenden Hackathon «Leise Fussgängerhinweissysteme» zu melden (siehe Kapitel 1.3.3). Die dort erarbeiteten Ideen wurden abschliessend im Rahmen von Validierungsinterviews bewertet und mit Blick auf ihr Umsetzungspotential validiert (siehe Kapitel 1.3.4).

1.3.1. *Literaturrecherche*

Ziel der Literatur- und Trendrecherche war es, ein detailgetreues Bild der aktuellen Informationslage sowohl zu der Richtlinie und Funktion des AVAS als auch zu möglichen Alternativen zu schaffen.

Die Ergebnisse aus der Literatur- und Trendrecherche finden sich in ausführlicher Form in Kapitel 2 dieses Berichts. Bestandteil der Resultate sind insbesondere mögliche Ideen für geräuschoptimierte AVAS und technisch mögliche Alternativen. Auch wurden innovative Unternehmen und Start-ups sowie deren Innovationen ausfindig gemacht und als weitere Möglichkeiten aufbereitet.

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 über Google Scholar und ResearchGate recherchiert.

Für die Recherche von Innovationen und Trends wurden neben allgemeinen Suchmaschinen auch Online-Zeitschriften, Blogs, Trendscouts, wie z.B. TrendOne, oder soziale Medien, wie z.B. Twitter, verwendet.

1.3.2. *Umfrage*

Die im Rahmen der Literatur- und Trendrecherche gesammelten Informationen wurden mithilfe einer internationalen Umfrage zum AVAS und Alternativen vertieft. Um eine ausreichend grosse Stichprobe an Teilnehmenden zu erreichen, wurde mithilfe des Umfrage-Tools von Unipark eine Online-Befragung in drei Sprachen durchgeführt (deutsch, englisch und französisch).

Die Fragerauswahl variierte zwischen Teilnehmenden aus der allgemeinen Bevölkerung und technischen Fachexpert*innen, um das jeweils subjektive Erfahrungswissen in vollem Umfang abzuschöpfen. Die Angabe der Personalien war dabei nicht verpflichtend, wurde jedoch fakultativ abgefragt.

Um die Interview-Aussagen zu vertiefen, wurde allen Teilnehmenden zum Ende der Umfrage die Teilnahme an einem Folge-Workshop angeboten. Die Ergebnisse finden sich in den Kapiteln 2.3.3 und 2.3.4.

1.3.3. *Hackathon*

Die Ergebnisse aus der Literaturrecherche und der Umfrage wurden gemeinsam mit interessierten Fachexpert*innen in einem zweitägigen, virtuellen Hackathon (kollaborative Veranstaltung, indem gemeinsam Lösungen für gegebene Herausforderungen erarbeitet werden) evaluiert und weiterentwickelt. Das Ziel des Hackathons bestand darin, umsetzbare Lösungsansätze für ein geräuschoptimiertes AVAS oder Alternativen zum AVAS zu



finden und diese in der Gruppe zu diskutieren. Diese Lösungsansätze finden sich in Kapitel 3.1.3.

1.3.4. *Interviews*

Ob die Lösungsansätze auch ausserhalb des Expert*innengremiums auf Akzeptanz stoßen, wurde im Rahmen qualitativer Interviews validiert.

Aus den Interviews wird die Meinung der Betroffenen in einem feineren Detaillierungsgrad erfragt. Es werden dazu die Lösungen kurz vorgestellt. Die befragte Person hat die Möglichkeit sowohl positive als auch negative Eindrücke zu teilen. Zudem sollen auch rechtliche, politische und technische Barrieren dabei deutlich gemacht werden.

Die Akzeptanz bei der Bevölkerung und involvierten Organisationen ist die Basis für Entscheidung und die Realisierung der Lösungen im weiteren Verlauf.



2. Analyse

2.1. Grundlagen

2.1.1. Richtlinie AVAS

Weltweit gelten mehrere verschiedene Richtlinien zu akustischen Hinweseinrichtungen für Elektro- und Hybridfahrzeuge.

Die wichtigsten Richtlinien sind:

- europäische Richtlinie der UNECE (Addendum 137: UN Regulation No. 138, 2017, [3])
- japanische Richtlinie der MLIT (Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism) [4]
- chinesische Richtlinie (National Technical Committee of Auto Standardization) [5]
- Richtlinie «Minimum Sound Requirements for Hybrid and Electric Vehicles» der US-NHTSA aus den Vereinigten Staaten [6].

Da die europäische Richtlinie u.a. auch die japanische Richtlinie mitberücksichtigt, wird auf die japanische Richtlinie nicht im Detail eingegangen. Die chinesische Richtlinie wiederum weist nur kleine Unterschiede zu der Richtlinie der Europäischen Union (UNECE) auf. Aus diesem Grund werden diese Unterschiede einzeln im Bericht angemerkt. An dieser Stelle werden daher nur die englischsprachigen Richtlinien detaillierter miteinander verglichen.

Die Richtlinie der UNECE und der NHTSA unterscheiden sich relativ stark im Detaillierungsgrad der Anforderungen. Beispielsweise muss die akustische Warneinrichtung AVAS bei der Richtlinie der EU in der Bewegung des Autos bei 10 km/h einen Verbrenner-ähnlichen 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 in der UNECE max. 66 dB(A) emittieren. Nur die beiden Geschwindigkeiten sind mit einer Frequenz in Abhängigkeit von Schalldruckpegel in dB(A) angegeben [3].

Für diese beiden Geschwindigkeiten ist zudem 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 Senioren mit einer Hörschwäche frühzeitig auf das sich nähernde Fahrzeug aufmerksam werden.

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 einen bestimmten Schalldruckpegel bis zu 10 km/h und in einer Entfernung von 7.5 Metern emittiert. Beim Stillstand des Autos muss kein Geräusch erzeugt werden. Abbildung 1 zeigt einen solchen Testaufbau, wobei das Mikrofon zwei Meter neben der Strecke aufgestellt ist und die Lautstärke des vorbeifahrenden Fahrzeugs misst. Links im Bild fährt das Fahrzeug geradeaus. Vor und nach dem Mikrofon wird in einem Abstand von zehn Metern der Lautstärkepegel aufgezeichnet. Rechts im Bild ist dies beim Rückwärtsfahren aufgezeigt.

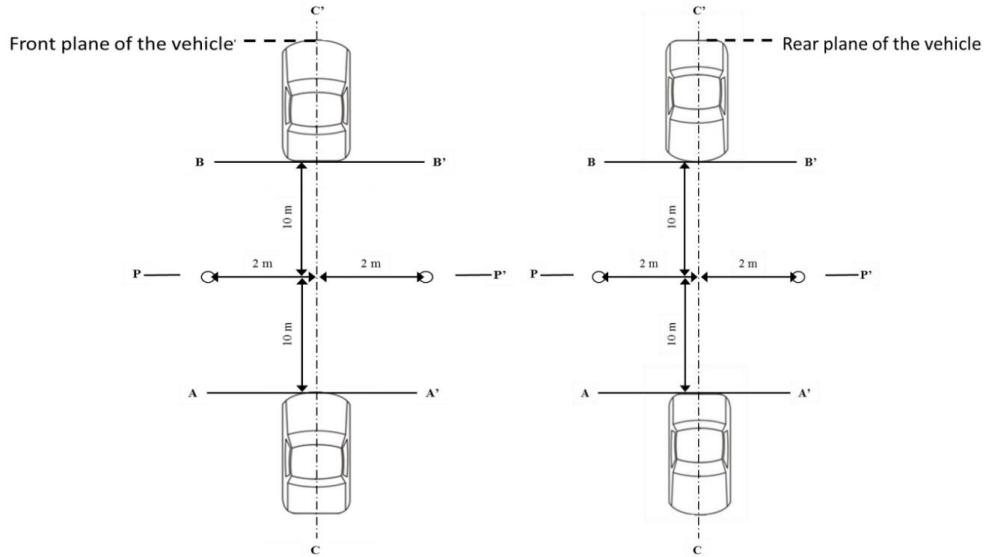


Abbildung 1: AVAS Messaufbau in der UNECE Richtlinie [3]

Im Gegensatz dazu besagt die amerikanische AVAS-Richtlinie, dass sowohl beim Rückwärtsfahren als auch beim Stillstand sowie bei 30 km/h ein bestimmter Frequenzbereich und ein Schalldruckpegel eingehalten werden müssen (siehe, Abbildung 2 rechts).

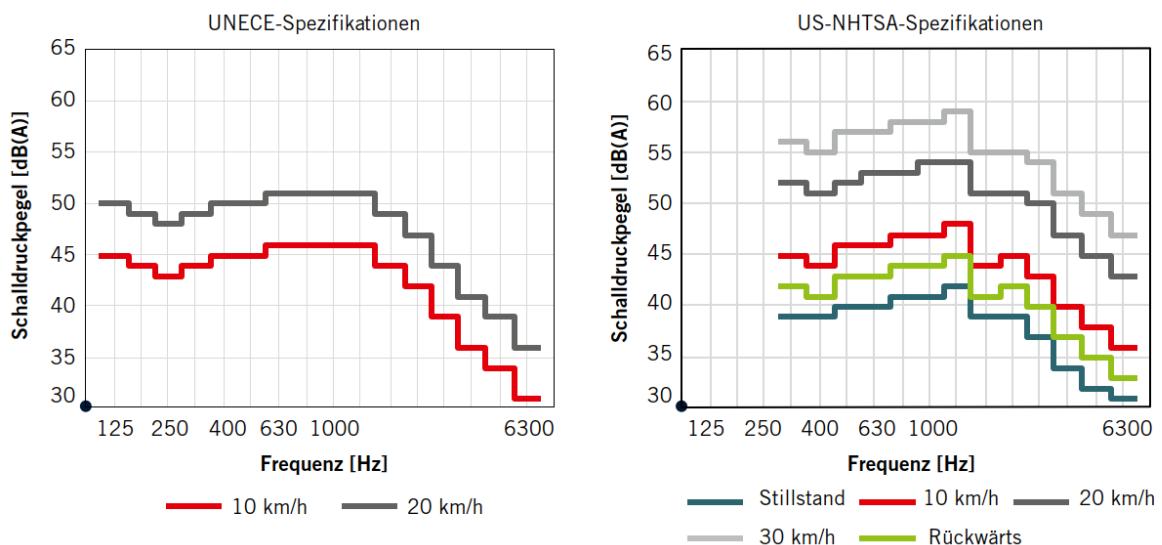


Abbildung 2: Vergleich UNECE/NHTSA Schalldruckpegel zu Frequenz [7]

Die Schalldruckpegel unterscheiden sich in China und der USA stark von der Richtlinie der UNECE. Sowohl die chinesische und als auch die amerikanische Richtlinie lassen mit bis zu 2 dB(A) [5] resp. 3 dB(A) höhere Schalldruckpegel zu [7]. An dieser Stelle ist jedoch zu vermerken, dass die Richtlinie der US-NHTSA weit umfangreicher erläutert wird als die Richtlinie der UNECE.

In der japanischen und chinesischen Richtlinie ist im Gegensatz zu der europäischen und amerikanischen Richtlinie eine Pausenfunktion erlaubt. Es muss jedoch eine Funktion eingebaut werden, bei der das AVAS bei jedem Neustart des Autos wieder zu hören ist.



2.1.2. Funktionsweise AVAS

Im Prinzip ist ein AVAS ein gesteuerter Lautsprecher. Auf der folgenden Abbildung 3 sind die jeweiligen Bauteile und Verbindungen dargestellt, die für eine akustische Warneinrichtung notwendig sind. Die darauffolgende Abbildung 4 zeigt einen solchen Lautsprecher.

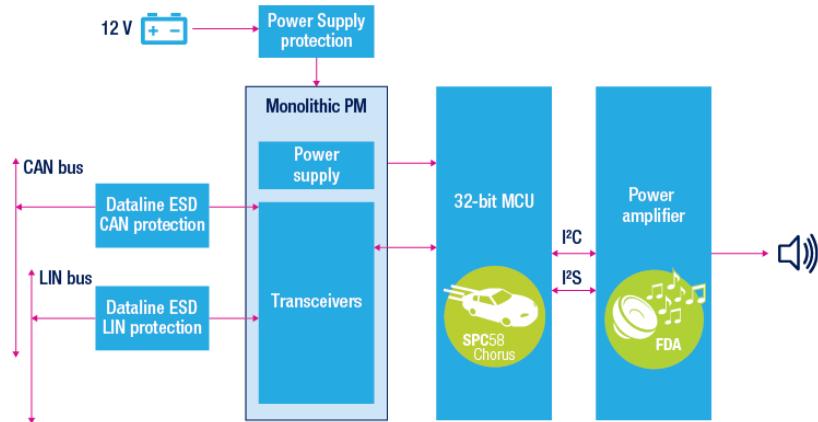


Abbildung 3: Technischer Aufbau eines AVAS [8]



Abbildung 4: Lautsprecher eines AVAS [9]

Aus der Feldebene werden aus dem LIN- und CAN-Bus die notwendigen Informationen, wie z.B. Pedalstellung, Geschwindigkeit oder Drehzahl an einen Empfänger (Transceiver) geleitet. Dieser Empfänger leitet die Informationen aus der Feldebene an einen Microcontroller (MCU) weiter, der den Lautsprecher über einen Leistungsverstärker steuert. Je nachdem, welche Geschwindigkeit oder Beschleunigung gegeben ist, muss beim Lautsprecher die Lautstärke resp. die Frequenz angepasst werden. Die Lautsprecher werden üblicherweise sowohl hinter der vorderen als auch an der hinteren Stoßstange eingebaut.



2.1.3. *Fahrassistentensysteme*

Fahrassistentensysteme sind elektronische Zusatzeinrichtungen in Fahrzeugen zur Unterstützung des Fahrers in bestimmten Situationen. Die Fahrassistentensysteme lassen sich auch zur Erkennung der Umgebung des Fahrzeugs nutzen wie beispielsweise schwächere Verkehrsteilnehmer*innen. Somit sind Fahrassistentensysteme eine mögliche Anwendung im vorliegenden Projekt. Nachstehend werden diese Technologien erläutert.

Technisch basieren die heutigen Fahrassistentensysteme auf den vier folgenden Technologien:

- Ultraschall
- Radar
- Lidar
- Kameras

Ultraschall

Beim Ultraschall werden Schallwellen ausgesendet. Mittels Echo-Laufzeit-Verfahren wird der Abstand zu bestimmten Objekten berechnet. Ultraschall eignet sich sehr gut für kürzere Distanzen zu Objekten und wird daher in der Automobilherstellung meist für Einparkhilfen oder Totwinkel-Überwachungen eingesetzt [10].

Radar

Das sogenannte «Radio detection and ranging» funktioniert ebenfalls nach dem Echo-Laufzeit-Verfahren. Im Gegensatz zum Ultraschall sendet das Radar jedoch Impulse aus. Der Unterschied wird bei der Distanz klar. Radar-Impulse können für längere Distanzen eingesetzt werden. In der Automobilherstellung wird diese Technologie für Spurwechselassistenten oder automatische Abstandswarnsysteme eingesetzt [11].

Lidar

Lidar steht für «Light detection and ranging» und funktioniert wie das Radar auch für längere Distanzen. Es sendet Laserimpulse aus und detektiert das aus der Atmosphäre zurückgestreute Licht. Das Lidar kann jedoch zusätzlich dazu auch Konturen von Objekten erkennen. Dies führt dazu, dass es eine breite Anwendung bei Abstandswarnern und -reglern sowie bei Pre-Crash und Pre-Brake Assistenten (automatische Ausweichmanöver) findet [12].

Kameras

Die neueren Kamerasysteme, welche in Fahrzeugen verbaut werden, können die Umwelt immer besser erkennen. Hinzu kommt, dass die Daten aufgenommen und online gespeichert werden können. Assistenzsysteme, die auf diesen aufgenommenen Daten basieren, werden immer sicherer. Verwendung finden Kamerasysteme z.B. in der Erkennung von Verkehrszeichen oder anderer Verkehrsteilnehmer*in. Es können auf dieser Basis Notbremsassistenten oder Totwinkel-Überwachungen realisiert werden [27].

2.2. **Literaturrecherche**

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

Es gibt zahlreiche Publikationen, in denen die Lautstärke der Elektroautos ohne AVAS mit ähnlichen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor verglichen werden. Einige davon, werden nachfolgend zusammengefasst und diskutiert.



In einer Studie von Kathrin Dudenhöffer aus dem Jahr 2013 haben 240 Proband*innen (davon 14% schwerhörig und 20% sehbehindert) bei einer Befragung teilgenommen. In dieser Befragung sollte ein Polaritätsprofil erstellt werden, bei dem die Geräusche von vorbeifahrenden Autos bewertet wurden. Das Ergebnis dieser subjektiven Bewertung ist, dass generell kaum Unterschiede feststellbar waren. Zum Beispiel hörten sich demnach ein Opel Agila mit Verbrennungsmotor ähnlich an wie ein elektrischer Stromos. Kathrin Dudenhöffer hat in ihrer Studie zusätzlich eine objektive Messung der verschiedenen Autos durchgeführt. Bei Geschwindigkeiten von 30 km/h und 40 km/h wurden Benziner-, Diesel- oder Elektro-Autos miteinander verglichen. Das Ergebnis ist auf der folgenden Abbildung 5 zu sehen [20].

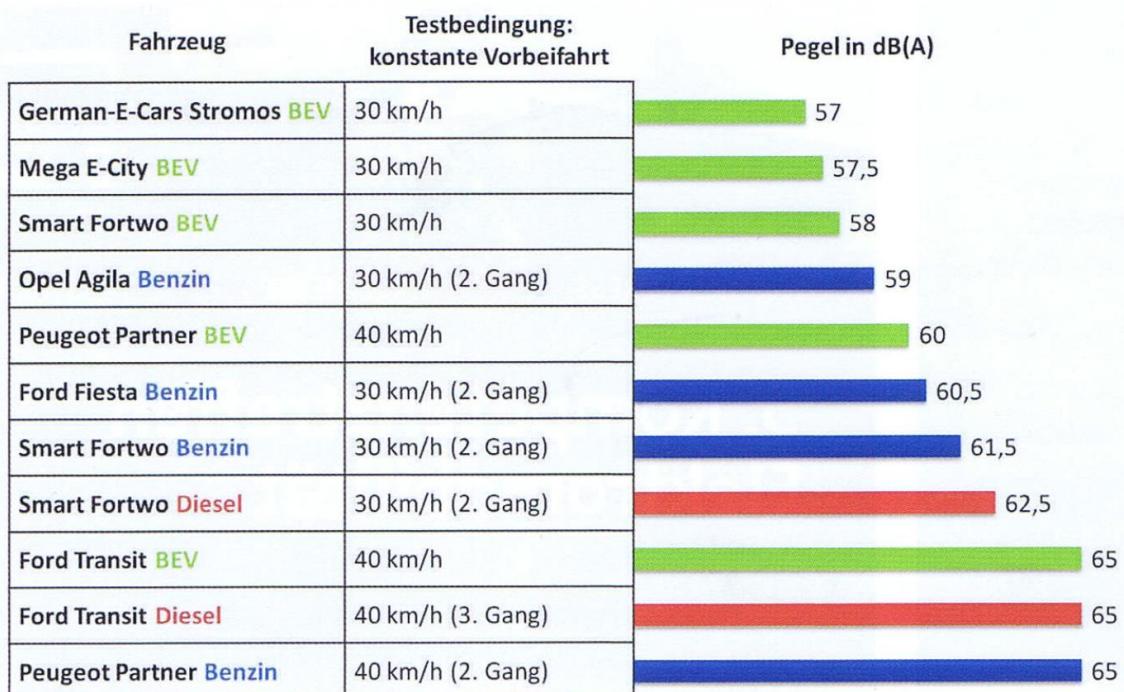


Abbildung 5: Vergleich ICE und EV von Kathrin Dudenhöfer, 2013

Kathrin Dudenhöffer erachtet es als keine sinnvolle Lösung, Elektrofahrzeuge mit einem AVAS auszurüsten, jedoch die «leisen Verbrennungsmotoren» weiterhin ohne AVAS fahren zu lassen. Gemäss den Ergebnissen sind kaum Unterschiede bei 30 km/h und 40 km/h zu erkennen.

Eine weitere Studie vom dänischen Strasseninspektorat (Skov & Iversen, 2015) hat zwei Citroen Berlingo (Verbrenner und Elektro) sowie einen Nissan Leaf mit einem VW Golf verglichen. Bei dieser Studie wurde darauf geachtet, dass die Reifen bei den Berlingos nahezu identisch und beim Nissan Leaf vs. VW Golf identisch sind. Damit sollten die Reifen keinen Einfluss auf die Ergebnisse haben [21].

Das Ergebnis der Studie ist auf der folgenden Abbildung 6 zu sehen.

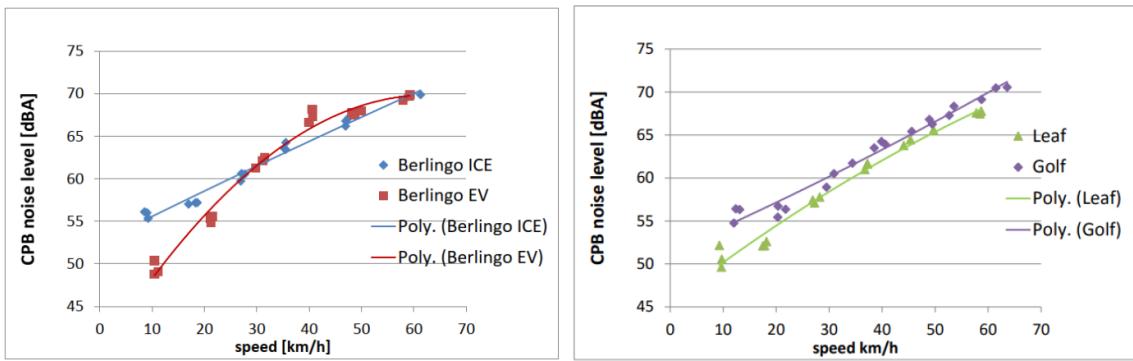


Abbildung 6: Vergleich ICE und EV von Skov und Iversen, 2015

Im Geschwindigkeitsbereich zwischen 0 und 10 km/h ist ein deutlich hörbarer Unterschied über 5 dB(A) erkennbar. Ab einer Geschwindigkeit von 30 km/h gibt es keinen hörbaren Unterschied mehr. Interessant ist, dass der elektrische Berlingo, welcher etwas breitere Reifen aufweist, im Geschwindigkeitsbereich von 30 bis 60 km/h lauter ist als der Verbrenner.

Diese Aussage von Skov & Iversen bestätigen auch weitere Studien. Das Ergebnis der Studie Misdariis und Pardo [22] ist auf der folgenden Abbildung 7 zu sehen.

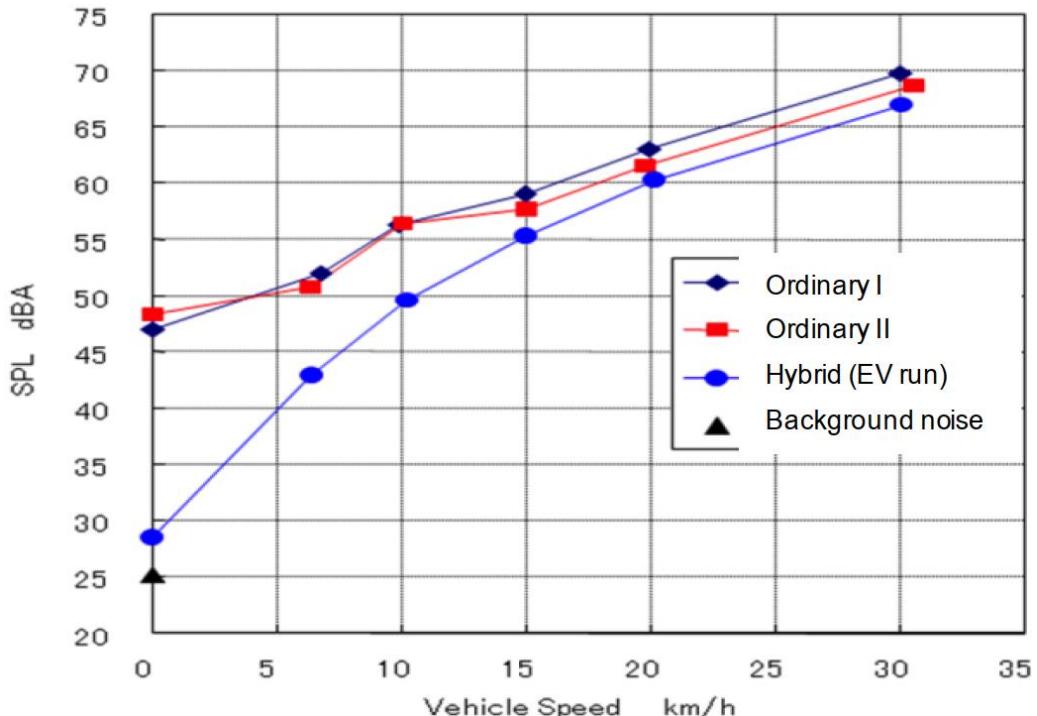


Abbildung 7: Vergleich ICE und EV von Misdariis und Pardo [22]

Misdariis und Pardo haben im Jahr 2017 zwei herkömmliche Autos mit Verbrennungsmotor einem Elektrofahrzeug gegenübergestellt und kamen auf ein ähnliches Ergebnis. Im Geschwindigkeitsbereich von 0 bis 10 km/h sind deutliche Unterschiede zu erkennen. Im Bereich zwischen 15 und 20 km/h liegt der Unterschied bei unter 1 dB(A). Über 20 km/h ist kein Unterschied mehr erkennbar [22].

Der grosse Unterschied zwischen Elektromotor und Verbrennungsmotor bei einer Geschwindigkeit von 10 km/h wird auch in der Studie von Hammer et al. [23] deutlich. Die nachfolgende Abbildung 8 zeigt, dass in dieser Studie drei herkömmliche Autos mit Ver-



brennungsmotoren mit einem Elektrofahrzeug verglichen wurden. Dabei war das Elektrofahrzeug mit einem ein- und ausschaltbaren AVAS ausgestattet.

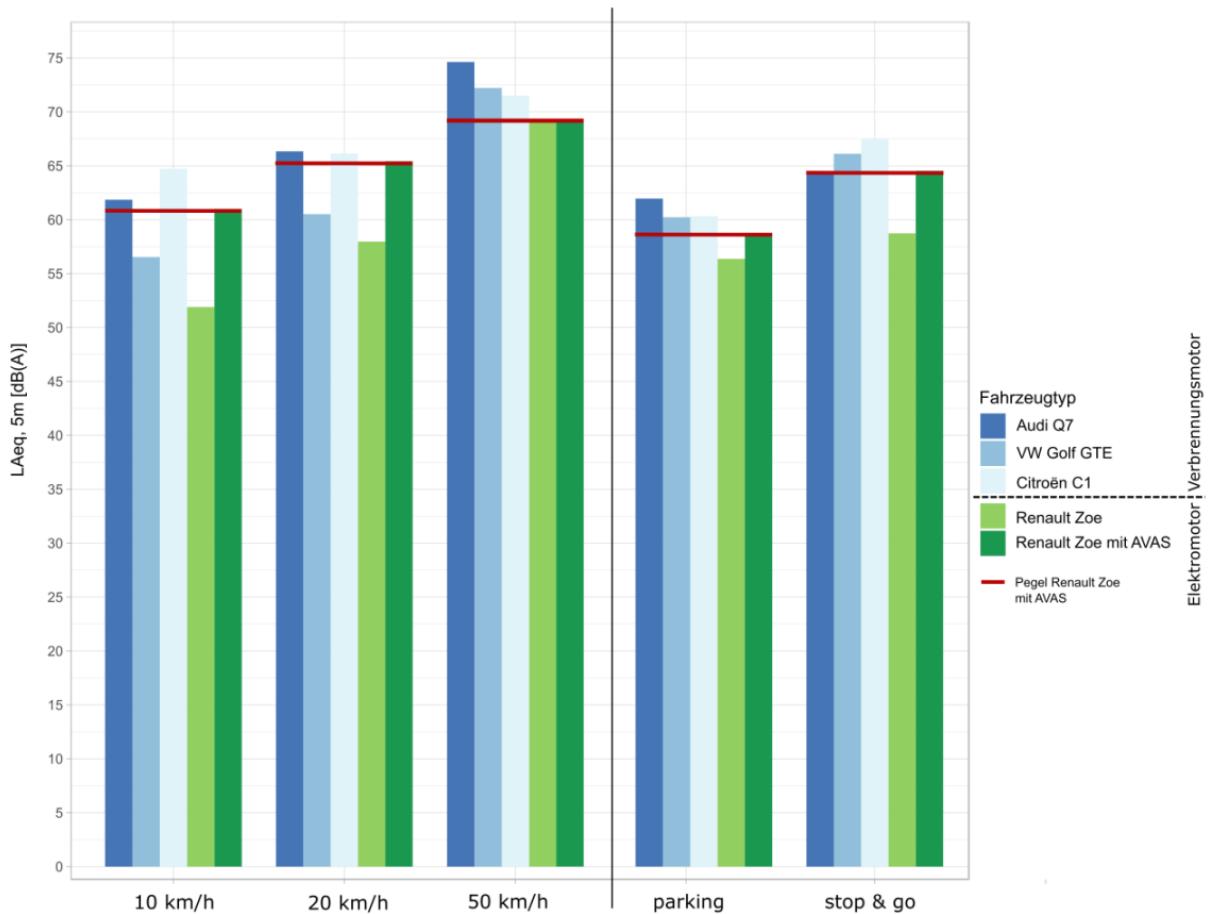


Abbildung 8: Vergleich ICE und EV von Hammer et al [23]

Bei einer Geschwindigkeit von 10 km/h bzw. 20 km/h sind Unterschiede zwischen den Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor und dem verwendeten Elektrofahrzeug Renault Zoe ohne AVAS erkennbar. Bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h gibt es keinen erkennbaren Unterschied mehr [23].

Insgesamt ist bei mehreren Studien ein deutlicher Unterschied bis zu einer Geschwindigkeit von 20 km/h zu erkennen. Die Studie von Kathrin Dudenhöffer vergleicht die Autos erst ab einer konstanten Geschwindigkeit von 30 km/h. Daher ist in dieser Studie kein grosser Unterschied erkennbar. 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 zwischen EV und ICE begründet.

Die Studie von Hammer et al [23] zeigt jedoch, dass bei 10 km/h ein Renault Zoe mit AVAS schon lauter als ein VW Golf GTE mit Verbrennungsmotor sein kann.

2.2.2. Ideen für ein geräuschoptimiertes AVAS

Die Ideen, die innerhalb der Literaturrecherche für ein geräuschoptimiertes AVAS werden in drei folgende Kategorien unterteilt:

- Geräusch erträglicher machen
- Geräuschbereich bestimmen



- Adaptives Geräusch

Diese Kategorien sind in den nächsten Unterkapiteln mit Beispielen konkretisiert.

2.2.2.1. Geräusch erträglicher machen

Anpassen der Terzbänder oder des Pegels

Um das Geräusch eines akustischen Hinweissignals erträglicher zu machen, wäre es eine Option, den Schallpegel auf maximal 60 dB(A) einzuschränken. Dies würde etwa dem Schallpegel eines normalen Gesprächs in 1 m Abstand entsprechen. Störend sind auch Geräusche mit höheren Frequenzen. Statt wie von der EU-Richtlinie [3] gefordert, könnte verpflichtend eingeführt werden, dass eines von zwei Terzbändern eine niedrigere Frequenz (z.B. 800 Hz) aufweisen muss.

Andere Geräuscharten

Eine weitere Idee, mit welcher ein AVAS erträglicher gemacht werden könnte, wäre das Verwenden anderer Geräuscharten, wie etwa Meditationsmusik. Der Citroen Ami One, welcher heute noch ein Konzept ist, wurde mit einem AVAS in Form einer Meditationsmusik vorgestellt. Bekannt ist, dass sogenannte Alphawellen (14 – 8 Hz) und Thetawellen (7 – 4 Hz) für Meditationen geeignet sind. Inwiefern andere Geräuscharten für ein AVAS geeignet sind, kann an dieser Stelle nicht beurteilt werden. Die EU-Richtlinie schreibt jedoch vor, dass ein AVAS Verbrenner-ähnlich klingen muss [3].

Unstete Geräusche verbieten

Unstete Geräusche, die z.B. in älteren Elektrofahrzeugen verwendet werden (Nissan Leaf, Rückwärtsfahren), werden als verstärkte Belästigung wahrgenommen. In der EU-Richtlinie [3] ist, im Gegensatz zur US-Richtlinie [7], nicht konkret verlangt, dass ein stetes Geräusch emittiert werden muss. Um diese Belästigung zu vermeiden, sollten unstete Geräusche verboten werden.

2.2.2.2. Geräuschbereich bestimmen

Um die Lärmbelästigung nur in die Richtung zu lenken, in der sich das Fahrzeug bewegt und somit die Gefahr für schwächere Verkehrsteilnehmer*innen ausgeht, können Lautsprecher genutzt werden, welche die Beschallung auf bestimmte Punkte fokussieren. Solche Lautsprecher werden bereits für Marketingzwecke verwendet. Da bis heute keine Studie zu dieser Technologie bekannt sind, müsste in einer weiteren Studie überprüft werden, ob diese Lautsprecher auch für ein AVAS genutzt werden könnten.

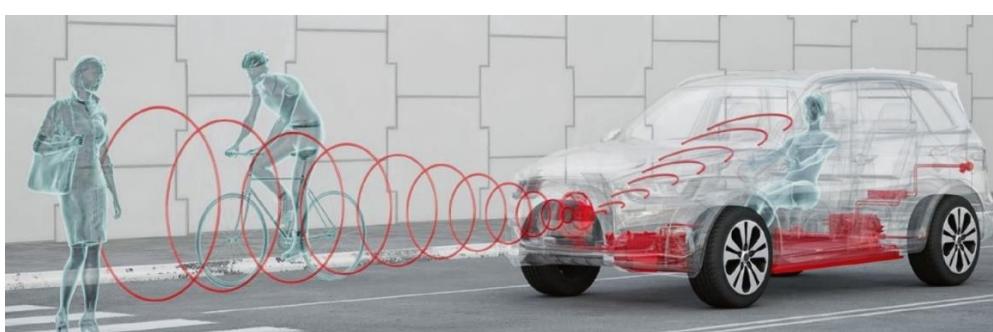


Abbildung 9: Beispiel "Gerichteter Schall" durch einen Lautsprecher der Firma i-Audiopoint



2.2.2.3. Adaptives Geräusch

Bei einem adaptiven Geräusch passt sich das AVAS an die Umgebung an. Beispielsweise kann sich, wie in der Studie von Berge und Haukland [13] vorgestellt, das AVAS an die Umgebungsgeräusche anpassen. Dabei würde ein AVAS lauter sein, wenn die Hintergrundgeräusche lauter sind, und leiser sein, wenn sich das Fahrzeug in einer verkehrsberuhigten Straße befindet.

Bei der Studie von Berge und Haukland wurden zwei Caddies miteinander verglichen. Ein Caddy mit elektrischem und ein weiterer mit konventionell angetriebenem Motor. Bei dieser Studie hat sich herausgestellt, dass die Abrollgeräusche bei dem Caddy den grössten Teil des Hintergrundgeräusches ausmachen, sodass ein adaptives AVAS keine unterschiedlichen Adaptationen annehmen konnte.

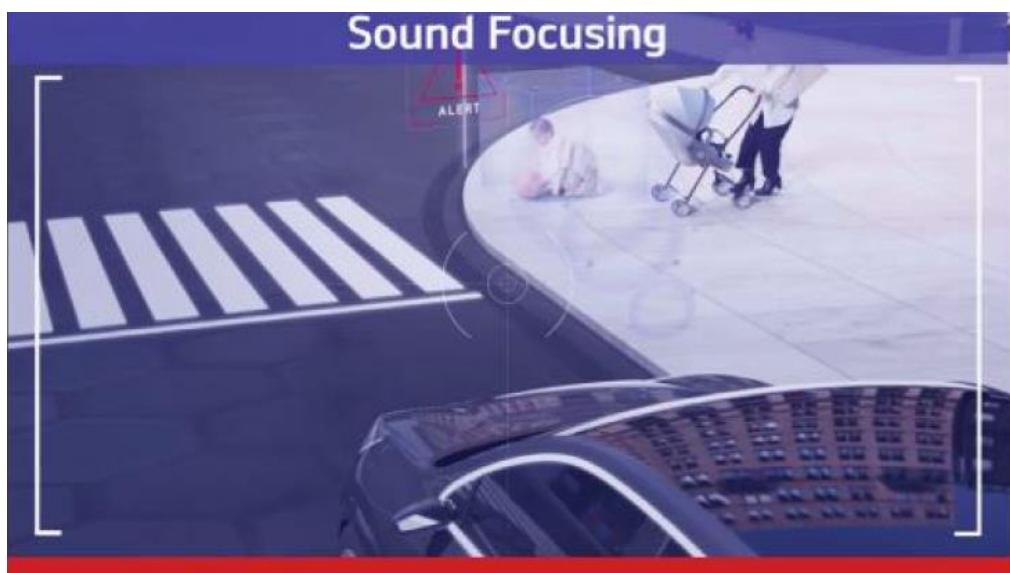


Abbildung 10: Fußgängererkennung am Beispiel des "Hyundai APAS"

Eine weitere Idee wird zudem aktuell von Hyundai entwickelt. Hyundai nennt das System APAS (Active Pedestrian Alerting System) [14]. Dieses System ertönt nur, wenn eine Fußgänger*in sich in Gefahr befindet. Speziell entwickelte Lautsprecher sind dafür in der Fahrzeugfront eingebaut und ertönen in die Richtung der Fußgänger*innen, sobald die Assistenzsysteme einen Hinweis emittieren.

2.2.3. Technische Alternativen zu AVAS

Technische Alternativen zu AVAS werden innerhalb dieser Studie im Hinblick auf die Kommunikation zu der Umwelt unterschieden. Alternative Systeme zum AVAS, welche nicht mit der Umwelt kommunizieren, sind Assistenzsysteme in neuen Fahrzeugmodellen. Diese Assistenzsysteme zeigen zwar Hinweissignale für die Fahrer*in auf, jedoch bekommt der schwächere Verkehrsteilnehmer*in auf der Straße keinen Hinweis kommuniziert.

Im Gegensatz dazu sind alternative Systeme, welche mit der Umwelt kommunizieren, in dieser Studie in Form von V2X-Kommunikation unterschieden. Dabei wird dem Verkehrsteilnehmer*in die Möglichkeit gegeben, Informationen vom Fahrzeug zu erhalten. Dies können u.a. auch Kollisionswarnungen sein, die in letzter Sekunde versendet werden.



2.2.3.1. Ohne Kommunikation mit der Umwelt

Fahrassistentensysteme, welche heute als mögliche Alternative für ein AVAS in Frage kommen könnten, wären der Notbremsassistent, die Totwinkel-Überwachung und das automatische Ausweichmanöver.

Notbremsassistent

Notbremsassistenten können mithilfe verschiedener Technologien, die im Kapitel 2.1.3 vorgestellt sind, Kollisionen mit anderen Verkehrsteilnehmer*innen abschwächen oder gar vermeiden. Laut der Beratungsstelle für Unfallverhütung (bfu) zählt der Notbremsassistent zu den drei wichtigsten Fahrassistentensystemen [15]. Aus einem mehrjährigen Forschungsprojekt der Unfallforschung der Versicherer (UDV) aus dem Jahr 2011 zeigen die Ergebnisse für einen Notbremsassistenten, der bewegte und stehende zweispurige Fahrzeuge sowie Fußgänger und Radfahrer erkennt, dass 43.4% der Pkw-Unfälle vermieden werden können [16]. Aus derselben Quelle geht hervor, dass Notbremsassistenten 12% aller schweren Pkw-Unfälle potenziell vermeiden können.

Aus diesen Gründen werden Automobilhersteller laut einem Pressebericht der EU-Kommission (2019) ab dem Jahr 2024 verpflichtet in allen neuen LKWs und Bussen in der Europäischen Union einen Notbremsassistenten einzubauen [17].

Totwinkel-Überwachung

Bei der Totwinkel-Überwachung können Unfälle mit Velofahrern oder Fußgängern, welche sich im toten Winkel (z.B. beim Abbiegen in eine Garage) befinden, vermieden werden [17]. Dabei werden schwächere Verkehrsteilnehmer*in mit unterschiedlichen Technologien erkannt, es ertönt ein Hinweiseräusch für Fahrer*innen und ein Warnsignal wird am Seitenspiegel angezeigt.

Automatisches Ausweichmanöver

Das automatische Ausweichmanöver kann Kollisionen verhindern, indem das Fahrzeug die Gefahr umfährt. Das Fahrzeug berechnet dabei die mögliche Ausgangssituation und reagiert entsprechend. Dies kann auch für die Vermeidung von Kollisionen mit Velofahrer*innen und Fußgänger*innen verwendet werden. Bisher ist dieses Fahrassistentensystem noch nicht verbreitet in Mittelklasse Fahrzeugen eingebaut. Laut einer Studie des TCS ist die Sicherheit dieser Ausweichmanöver nur auszuschöpfen, wenn der Lenker des Fahrzeugs weiterhin aufmerksam fährt [19]. Die Technologien und die Berechnung dieser Systeme ist noch nicht ausgereift genug und verbreitet, um eine statistische Aussage zur Unfallvermeidung geben zu können.

2.2.3.2. Kommunikation mit der Umwelt

Die Abkürzung V2X steht für Vehicle-to-X. Dabei kann für das X sowohl ein P (Pedestrian) für den Fußgänger*innen, ein I (Infrastructure) für die Infrastruktur im Straßenverkehr, ein N (Network) für z.B. den Datentransfer bei Verkehrsinformationen oder ein V (Vehicle) für die Kommunikation zu anderen Autos stehen. Innerhalb dieser Studie wird auf die Vorteile der Kommunikation zu den Fußgängern, der Infrastruktur und anderen Autos eingegangen.

Für die Kommunikation zu anderen Verkehrsteilnehmer*innen wird in der Regel Funk über 5.9 GHz (C-V2X) oder Wifi (DSRC 802.11p) verwendet [24]. Diese beiden Arten von Kommunikation haben sich in diesem Bereich etabliert. Es wird jedoch nicht vertieft auf die technischen Vor- und Nachteile dieser Technologien eingegangen. Wichtig ist, dass beide Technologien über kurze Antwortzeiten verfügen. Beim Wifi wird jedoch eine gewisse Distanz zum anderen Verkehrsteilnehmer*innen notwendig. Dadurch sind die Anwendungsbereiche der Technologie Wifi eingeschränkt.



«Vehicle-to-Pedestrian»

Beim «V2P» werden Echtzeit-Standortdaten zwischen dem Fahrzeug und der Mikromobilität (wie beispielsweise Fußgänger*innen oder Velofahrer*innen) ausgetauscht. Dadurch können beide Verkehrsteilnehmer*innen voneinander eine Warnung erhalten, wenn eine Kollision bevorsteht.

Eine solche Anwendung ist von der Firma ZF als Pilotprojekt erforscht worden. Das sogenannte x2safe funktioniert als Applikation auf dem Smartphone. Der Autofahrer hat dabei noch ein Tablet oder Smartphone am Bordcomputer eingeschaltet. Die Applikationen beider Endgeräte können mittels Mobilfunk kommunizieren. Dadurch können Unfälle vermieden werden. Der Vorteil bei dieser Kommunikationsform ist, dass eine Person, welche die Straße überqueren möchte, nicht unbedingt in Sichtweite sein muss und dadurch die Sicherheit weiter erhöht werden kann [25].

«Vehicle-to-Infrastructure»

Wenn eine Ampel der Autofahrer*in anzeigen kann, dass Personen die Straße bei roter Ampel überqueren, können dadurch Unfälle vermieden werden. Autofahrer*innen können diesen Hinweisen folgen und vorsichtiger fahren. Auch Straßenlaternen können für solche Hinweise genutzt werden. Dazu müssen die Ampeln und Straßenlaternen mit Sensoren/Aktoren ausgestattet sein. Heute gibt es einige Unternehmen, die smarte Straßenlaternen vermarkten. Diese Art von Straßenlaternen kann als Plattform für die «V2I» Kommunikation genutzt werden [26].

«Vehicle-to-Vehicle»

Bei «V2V» Kommunikation können Autos miteinander kommunizieren. Eine Gefahrensituation kann dabei von dem Fahrzeug schon frühzeitig erkannt werden. Diese Informationen können an weitere Autos übermittelt werden, damit ein Unfall z.B. mit einem Fahrzeug oder auch mit einem schwächeren Verkehrsteilnehmer*in vermieden wird.

2.2.4. Weitere Innovationen von Unternehmen/Startups

Nachfolgend sind kleinere Unternehmen und Startups mit innovativen Lösungen im Automobilbereich aufgeführt, welche neue technische Systeme entwickelten, um mit der Umwelt zu kommunizieren. Viele dieser Varianten befinden sich im Prototypstadium.

AMS – Micro Lens Arrays

<https://ams.com/mla>

Micro Lens Arrays sind qualitativ hochwertige Bilder, die von einem Fahrzeug auf den Boden projiziert werden, um damit mit anderen Verkehrsteilnehmer*innen zu kommunizieren.

Es gibt dazu noch kein ausgereiftes Produkt, welches für diese Anwendung im Straßenverkehr verwendet werden kann.

Autotalks – V2X

<https://www.auto-talks.com/>

Autotalks ist ein Startup aus Israel, welche Prozessoren für «V2X» Anwendungen herstellen. Diese Prozessoren werden genutzt, um die «V2X» Kommunikation möglich zu machen.



Cohda Wireless

<https://cohdawireless.com/>

Cohda Wireless ist ein Unternehmen, welches sich für Hardware und Applikationen im Radiofrequenzmarkt und rund um das Thema V2P, V2V und V2I spezialisiert.

Qualcomm – V2X Chipset

<https://www.qualcomm.com/invention/5g/cellular-v2x>

Qualcomm entwickelt eine Reihe von Chips und On-Board Geräten, die für die V2X Kommunikation verwendet werden. Qualcomm ist ein Pionier in der drahtlosen Kommunikation auf kurzen Strecken und der Entwicklung von GPS-Chipsätzen.

Veniam – Connected Cars + Plattform

<https://veniam.com/>

Veniam ist ein Startup, welches eine intelligente Plattform entwickelt, damit Fahrzeuge vernetzt werden können. Die Plattform von Veniam verfügt über ein intelligentes Datenmanagement und ist kompatibel mit verschiedenen Technologien.

Savari – V2X Sensoren

<http://svari.net/solutions/>

Savari ist ein Startup, welches verschiedene Sensoren und Applikationen für die V2X Kommunikation entwickelt. Warnungen vor querenden Fußgänger*innen können bei verschiedenen Autoherstellern direkt im Bordcomputer angezeigt werden.

Audi – Kreuzungsassistent und AI Staupilot

<https://www.audi-mediacenter.com/de/technik-lexikon-7180/fahrerassistenzsysteme-7184>

Audi hat einen Kreuzungsassistenten entwickelt, der bei Querverkehr automatisch bis zu 10 km/h bremst.

Eine zweite Innovation von Audi ist die der AI Staupilot, welcher weltweit das erste System ist, welches die Fahraufgabe für den Fahrer bei einem Stau übernimmt. Dabei fährt das Fahrzeug autonom bis zu einer Geschwindigkeit von 60 km/h.

Human Horizons – HiPhi1

<https://www.mobilegeeks.de/news/hiphi-1-vernetztes-5g-auto-fuer-die-smart-city-von-morgen/>

Das HiPhi1 ist der erste Smart Car der Welt, welcher mit einer 5G-Kommunikationsinfrastruktur ausgestattet ist. Das Fahrzeug kann über die Scheinwerfer, welche auch als Screens fungieren, mit den Fußgängern kommunizieren. Er kommt im Jahr 2021 erstmals auf den chinesischen Markt.



2.2.5. AVAS in den Medien

Das Acoustic Vehicle Alerting System und die Kommunikation zwischen Fahrzeugen sind, besonders seit dem 1. Juli 2019, immer wieder Thema in Medien. In diesem Kapitel sollen aus diesem Grund Auszüge aus einigen dieser Artikel aufgeführt werden.

Autonom fahrende Autos lernen sprechen – ICT Kommunikation, 4. Oktober 2020

<https://ictk.ch/node/239693>

In diesem Artikel geht es darum, dass Forscher an der Universität Eindhoven autonom fahrenden Autos die Kommunikation zu den anderen Verkehrsteilnehmer*in beibringen. Dazu sollen die Autos Töne, Lichtzeichen und mechanische Signale von sich geben.

*"Erst wenn autonome Autos in der Lage sind, anderen Verkehrsteilnehmer*in automatisch und effektiv ihre Absichten zu signalisieren, können sich die Fahrer beruhigt zurücklehnen und die Vorteile des autonomen Fahrens voll nutzen"* - Debangha Dey, Forscher der TUE.

Ridehailing für Blinde – Techcrunch, 21. September 2020

<https://techcrunch.com/2020/09/21/hailing-a-self-driving-taxi-when-blind-learn-how-waymo-answers-that-challenge-at-sight-tech-global/>

In diesem Artikel geht es um neue Mobilitätsmöglichkeiten für blinde Menschen, die durch Waymo bereitgestellt werden können. Waymo ist eine Tochtergesellschaft von Google, welche autonom fahrende Taxis in Phoenix einsetzt. Die Autos und die App sollen nun umgestaltet werden, sodass Blinde diesen Service auch nutzen können.

Die Lokalisierung «nicht-kooperativer Verkehrsteilnehmer*in», Next-Mobility, 15. April 2020

https://www.next-mobility.de/die-lokalisierung-nicht-kooperativer-verkehrsteilnehmer*in-a-924423/

In diesem Artikel geht es darum mittels Funktechnologie Fahrzeuge, Fußgänger oder Velos zu erkennen, ohne dass diese schwächeren Verkehrsteilnehmer*innen vernetzt sein müssen. Dazu werden auch die Sensoren genutzt, mit denen das Fahrzeug ausgestattet ist.

"Die Auswertungen der Messdaten zeigen, dass es tatsächlich möglich ist, mit Hilfe von Funksignalen nicht-kooperative Verkehrsteilnehmer*in wie Fahrzeuge, Fußgänger und Fahrradfahrer zu erkennen. Wir konnten bereits Fußgänger mit einer Genauigkeit von unter einem Meter orten", so der Messkampagnenleiter Martin Schmidhammer.

Video: Future Now: What will electric traffic sound like?, DW, 10. Juni 2020

<https://www.dw.com/en/future-now-what-will-electric-traffic-sound-like/av-52632897>

In diesem 10-minütigen Video wird gezeigt, wie ein AVAS entwickelt wird.

Fraunhofer arbeitet an Fahrzeugen mit Hörsinn, Car IT, 12. Februar 2020



<https://www.car-it.com/mobility/fraunhofer-arbeitet-an-fahrzeugen-mit-hoersinn-231.html>

In diesem Artikel geht es darum, dass Autos bisweilen visuelle Technologien nutzen, um die Umgebung zu erfassen. Das Fraunhofer Institut arbeitet momentan an einer Lösung, bei der das Fahrzeug die Umgebung durch akustische Signale wahrnehmen kann.

Tesla-Fahrer sollen Fahrgeräusche verändern können, Futurezone, 7. Oktober 2019

<https://futurezone.at/produkte/tesla-fahrer-sollen-hup-und-fahrgeraeusche-veraendern-koennen/400639649>

In diesem Artikel geht es darum, dass Tesla-Fahrer ihre Hup- und Fahrgeräusche beliebig verändern können. Elon Musk stellt sich als Personalisierungsmöglichkeit vor, dass das Klappern von Kokosnüssen verwendet werden kann.

Sound-Designer zu E-Autos: „Es wird keine Dauerbeschallung geben“, T3N, 7. Dezember 2019

<https://t3n.de/news/sounddesigner-e-autos-keine-1190082/>

Sound-Designer Angelo D'Angelico hat die Vereinten Nationen beraten, wie Elektro-Autos zu klingen haben. Im Interview mit t3n gibt er Einblick in seine Vorstellungen von der umfassenden Kommunikation durch das Auto.

2.2.6. *Abschliessende Bewertung möglicher Massnahmen*

Zum Abschluss dieses Kapitels werden alle möglichen Ideen in der Abbildung 11 zusammengestellt und bewertet. Für die Bewertung ist Realisierbarkeit, die Nützlichkeit, die Wirtschaftlichkeit und die Konformität mit der Richtlinie berücksichtigt.

In rötllicher Farbe sind die Ideen mit AVAS und in bläulicher Farbe die Ideen ohne AVAS hinterlegt. Die Bewertung wurde mithilfe von Smileys in den Kategorien «positiv, neutral und negativ» durchgeführt.



Idee	realisierbar	nützlich	wirtschaftlich	gesetzeskonform
Anpassung der Terzbänder/Pegel	😊	😊	😊	😢
Andere Geräuscharten	😊	😐	😊	😐
Unstete Geräusche verbieten	😊	😊	😊	😊
Geräusch nur in die Richtung der Bewegung	😊	😊	😐	😐
Geräusch angepasst an die Umgebung	😐	😐	😐	😊
Geräusch ertönt nur bei Bedarf	😐	😊	😐	😢
Kein AVAS Stattdessen: Verpflichtende Fahrassistentzsysteme	😐	😊	😢	😢
Kein AVAS Stattdessen: V2X Kommunikation	😢	😊	😢	😢
Kein AVAS: Stattdessen: keine Richtlinie	😢	😢	😊	😢

Mit AVAS Ohne AVAS positiv neutral negativ

Abbildung 11: Abschliessende Bewertung aller Ideen

- 1) Eine Anpassung der Terzbänder wäre nicht konform mit der jetzigen Richtlinie der UNECE. Jedoch ist diese Idee technisch einfach realisierbar, ein gesenkter Pegel und niedrigere Frequenzen würden zudem für ein angenehmeres AVAS sorgen. Ausserdem ist diese Idee relativ günstig für die Schweiz umzusetzen.
- 2) Alternative Geräuscharten sind realisierbar, jedoch sind diese nicht breit akzeptiert im Sinne eines klaren Hinweissignals. Diese Vorgehensweise wäre für die Schweiz zwar wirtschaftlich, kann aber dazu führen, dass die Konformität zur Richtlinie gebrochen wird.
- 3) Unstete Geräusche zu verbieten ist eine realistische Idee. Ausserdem ist diese Idee zielführend, da unstete Geräusche einen grösseren Störfaktor aufweisen im Vergleich zu steten Geräuschen. Diese Idee ist wirtschaftlich und gesetzeskonform. Falls dies mit in die Schweizer Richtlinie aufgenommen werden soll, würde dieser Punkt strikter sein als bei der Richtlinie der UNECE.
- 4) Ein Geräusch nur in die Fahrtrichtung zu emittieren ist realisierbar, weil die technischen Voraussetzungen vorhanden sind. Wenn dadurch der Seitige (bspw. Gebäude in Quartierstrassen) Lärmpegel gesenkt und die Sicherheit für die schwächeren Verkehrsteilnehmer*in weiterhin gewährleistet werden kann, dann kann diese Idee trotz Einsatz eines AVAS die daraus resultierende Lärmbelästigung reduzieren. Wie wirtschaftlich die Umsetzung dieser Lösung ist und wie ein solches AVAS im Test der heutigen Richtlinie abschneidet, ist nicht bekannt.
- 5) Die Realisierbarkeit sowie den Nutzen der Idee, den Lautstärkepegel an die Umgebungsgeräusche anzupassen, ist durch die Studie von Berge & Haukland nicht bestätigt worden. Es kann keine eindeutige Aussage darüber getroffen werden, ob diese Methode auch den Lärmpegel senkt. Es müssten jedoch alle Autos umprogrammiert und mit zusätzlicher Hardware (Mikrofon) ausgestattet werden. Wenn jedoch der Lärmpegel immer eingehalten werden kann, der von der UNECE gefordert ist, bleibt diese Idee konform.
- 6) Damit das Geräusch nur bei Bedarf tönt, müsste das Fahrzeug über die Technologien verfügen, die Informationen von der Umgebung erfassen können. Dies ist in naher Zukunft nicht flächendeckend in den Elektroautos vorhanden, sodass die Realisierbarkeit schwierig ausfällt. Nützlich wäre diese Lösung schon, da dadurch nur in Gefahrensituationen ein AVAS zum Einsatz kommt. Es ist jedoch notwendig darüber nachzudenken, ob damit die Basis für die Orientierung der schwächeren Verkehrsteilnehmer*in (besonders



Blinde und Kinder) weiterhin gegeben ist. Diese Idee hätte zudem wirtschaftliche Folgen, da dadurch Autos aufgerüstet werden müssten, die diese Hardware nicht installiert haben. Ausserdem schreibt die UNECE Richtlinie vor, dass ein AVAS durchgängig ein Geräusch emittieren muss. Somit wäre mit dieser Idee die Richtlinie nicht eingehalten.

Die nächsten drei Ideen sind alle nicht konform mit der heutigen Richtlinie der UNECE, daher wird pro Idee nicht auf diesen Punkt eingegangen.

- 7) Die Ablösung von AVAS durch intelligente Fahrassistentensysteme ist heute noch nicht realisierbar. Allerdings könnte sich dies in Zukunft ändern. Autonom fahrende Autos werden über diese Intelligenz verfügen und womöglich ein AVAS obsolet machen. Die Nützlichkeit ist bei dieser Idee gegeben, da der Lärmpegel gesenkt wird. Es müssten jedoch alle Fahrzeuge über diese Intelligenz verfügen, was diese Idee mit dem heutigen Fahrzeugpark der Schweiz noch nicht als «wirtschaftlich» bewertbar macht.
- 8) V2X Technologie ist bis heute in einigen Pilotprojekten und von einigen Startups erprobt worden. Diese Technologie ist jedoch noch nicht genügend fortgeschritten und erprobt, um ein AVAS komplett abzulösen. Die Technologie kann jedoch für einige Anwendungsbereiche nützlich sein. Eine flächendeckende Umsetzung ist jedoch heute nicht wirtschaftlich.
- 9) Komplett auf ein AVAS für Elektro- und Hybridfahrzeuge zu verzichten und stattdessen keine Alternative anzubieten, wäre in der Tat wirtschaftlich, weil kein Aufwand in diese Richtung betrieben werden muss. Jedoch wird dadurch die Sicherheit der schwächeren Verkehrsteilnehmer*innen nicht berücksichtigt. Aus diesem Grund ist diese Überlegung nicht zielführend.



2.3. Umfrage

2.3.1. Design

Ergänzend zur Literaturrecherche wurde eine Online-Umfrage mit Vertreter*innen aus den relevanten Anspruchsgruppen durchgeführt. Ziel der Umfrage war es,

- die Meinung der befragten Anspruchsgruppen hinsichtlich der AVAS-Kontradiktion (Lärm vs. Sicherheit) aufzunehmen,
- eine Einschätzung zum Forschungsstand und zu aktuellen/zukünftigen Alternativlösungen zu AVAS für Elektrofahrzeuge wie auch für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren zu erhalten,
- mögliche Lösungen zu identifizieren, welche lärmärmer sind als das ab 1. Juli 2019 in der EU als auch in der Schweiz in Kraft getretene Reglement und
- lärmärmere Lösungen zu identifizieren, die auf Akzeptanz bei der Bevölkerung (seh- und hörbehinderte Personen, Aufsichtspersonen von Kindern, Elektroautofahrer*innen etc.) stossen.

Die Auswahl der befragten Personen erfolgte auf Basis einer Stakeholder-Map (siehe Abbildung 12).



Abbildung 12: Stakeholder Map

Die Umfragen wurden für zwei Anspruchsgruppen ausgelegt, um die jeweilige Expertise konkret abzuholen. Dabei wurde eine «Allgemeine Umfrage» für Personen aus der allgemeinen Bevölkerung sowie Betroffene und eine «Umfrage für Fachexpert*innen» durchgeführt. Zu Beginn der Umfrage ist man jeweils kurz auf das Thema «AVAS» eingegangen. Um die Richtlinien von AVAS zu erläutern, verwendete man ein Beispiel aus dem Alltag (z.B. 75 dB(A) entspricht etwa einer Waschmaschine beim Schleudern). Um ein gemeinsames Verständnis sicherzustellen, ist man im Fall der Expert*innen zusätzlich auf technische Spezifikationen eingegangen.

Der inhaltliche Frageblock konzentriert sich auf die vier Themenfelder «Allgemein», «Sicherheit», «Technik» und «Akustik». Die Auswahl der Schwerpunktthemen und der entsprechenden Fragen wurde jeweils auf Basis der Expertise der befragten Person vorgenommen («Allgemeine Umfrage» vs. «Umfrage Fachexpert*innen»).

Die im Fragenblock «Persönliches» aufgenommenen Informationen umfassen neben den fakultativen Angaben zu Vor- und Nachname und Berufssituation insbesondere ver-



pflichtende Angaben zu Wohnort (Kategorien: Ländliches Gebiet, Agglomeration, Städtisches Gebiet) und Altersgruppe (Kategorien: unter 18 Jahre, 18-29 Jahre, 30-49 Jahre, 50-59 Jahre, 60-79 Jahre sowie über 80 Jahre).

Zum Schluss der Umfrage wurden die Teilnehmer*innen eingeladen, an einem vertiefenden Workshop teilzunehmen. Angaben zur Person und E-Mail-Adressen waren nur im Fall einer gewünschten Teilnahme verpflichtend.

2.3.2. Durchführung

Die Kontaktaufnahme mit möglichen Teilnehmer*innen der Umfrage durch das Bundesamt für Umwelt BAFU und durch Mitarbeiter*innen der AWK Group AG erfolgte im Zeitraum von September bis Oktober 2019.

Die Online-Umfrage wurde im Oktober 2019 mithilfe des barrierefreien Umfrage-Tools der Firma Unipark in drei Sprachen (deutsch, englisch und französisch) durchgeführt. Insgesamt nahmen 76 Personen an der Umfrage teil, davon 30 Personen mit ausgewiesener Fachexpertise in mindestens einem der Themenschwerpunkte «Sicherheit», «Technik», und «Akustik». Dies umfasst etwa Sound-Designer, Vertreter*innen der Elektromobilitäts- oder Automobilbranche sowie Vertreter*innen von Blinden- und Sehbehindertenverbänden. Unter den 46 Teilnehmer*innen der allgemeinen Umfrage gaben 18 Personen an, selbst sehbehindert oder blind zu sein.

2.3.3. Ergebnisse: «Allgemein»

Frage man nach der Relevanz eines AVAS, sind sich die Teilnehmer*innen der allgemeinen Umfrage einig: 39 der insgesamt 46 Befragten halten ein künstliches Hinweissignal bei niedrigen Geschwindigkeiten für notwendig (siehe Abbildung 13), nur sechs Befragte stehen dem kritisch gegenüber und empfinden das AVAS als zusätzlichen Lärm im Strassenverkehr (siehe Abbildung 14).

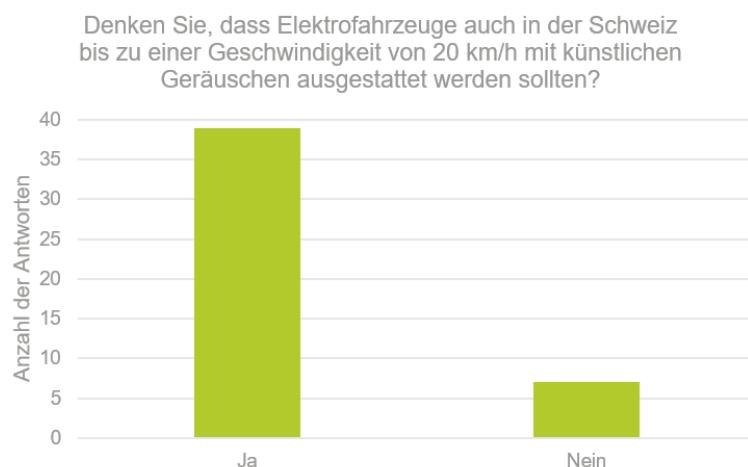


Abbildung 13: Relevanz AVAS (allgemeine Umfrage, Bevölkerung)



Sind Sie der Meinung, dass dies nur noch mehr "unnötigen" Lärm auf den Strassen verursacht?

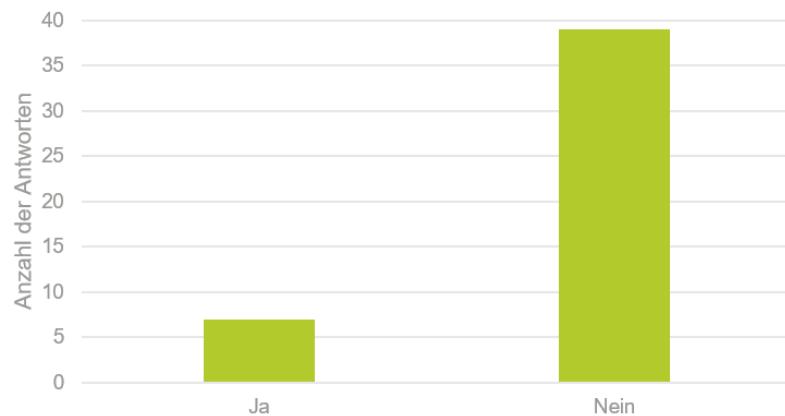


Abbildung 14: Lärm durch AVAS (allgemeine Umfrage, Bevölkerung)

Noch deutlicher wird das Ergebnis, wenn man die Antworten der blinden oder sehbehinderten Personen im Sample isoliert betrachtet. So steht für alle 18 der 18 Betroffenen ausser Frage, dass Elektrofahrzeuge bis zu einer Geschwindigkeit von 20 km/h mit einem AVAS ausgestattet sein sollten. Ein künstliches Geräusch sei zur Erhöhung der Sicherheit schwächerer Verkehrsteilnehmer*innen notwendig und könne für betroffene Personen und deren Blindenführhunde «mitunter lebenswichtig» sein. Dies gelte insbesondere dann, wenn Motorengeräusche durch «permanenten Umweltlärm» oder «Nebengeräusche» wie etwa «Laubbläser oder Rasenmäher» überlagert würden. In diesem Zusammenhang gibt die Mehrheit der Befragten an, schon einmal in einer Situation gewesen zu sein, in der sie ein herannahendes Fahrzeug nicht gehört oder bemerkt habe. Die Frage, ob Elektrofahrzeuge weiterhin geräuschlos bleiben sollten, beantworten 17 der 18 Betroffenen bzw. 39 der 46 Befragten aus der Bevölkerung entsprechend mit «Nein» (Abbildung 15).

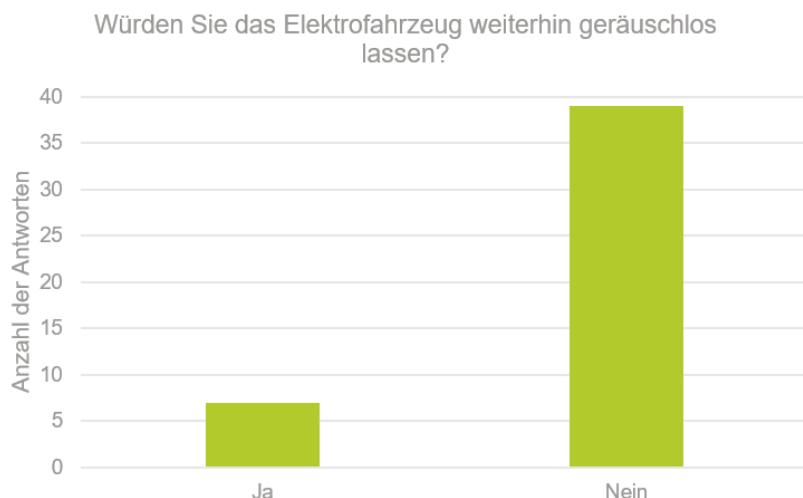


Abbildung 15: Geräuschlose EV



Elektroroller, E-Bikes und andere
Mobilitätsmöglichkeiten machen keinen Lärm. Würden
Sie diese auch mit AVAS ausstatten lassen?

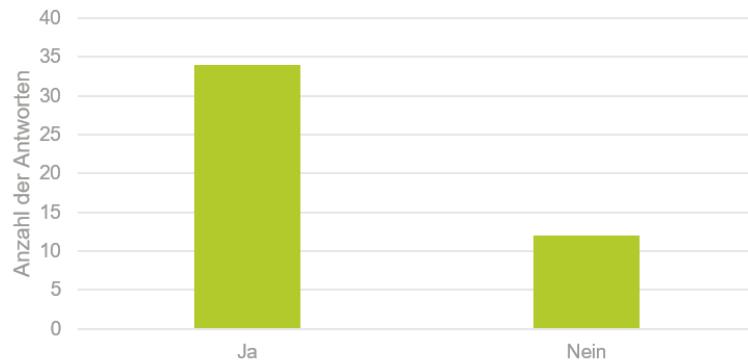


Abbildung 16: Weitere Mobilitätsarten

Die Sicherheit schwächerer Verkehrsteilnehmer*innen sei darüber hinaus nicht nur durch Elektroautomobile bedroht, sondern auch durch weitere geräuscharme Fahrzeuge, wie etwa Fahrräder, E-Bikes und neuerdings auch Elektro-Trottinetts. Gerade letztere seien «mühsam», da sie selbst von Blindenführhunden nicht oder erst sehr spät wahrgenommen würden und es damit schwierig sei, «früh genug auszuweichen». Entsprechend wird der Vorschlag, künftig auch Elektroroller, E-Bikes und andere geräuscharme Mobilitätsarten mit einem AVAS auszustatten, von 16 der 18 Betroffenen bzw. von insgesamt 34 der 46 Teilnehmer*innen der allgemeinen Umfrage befürwortet (siehe Abbildung 16).

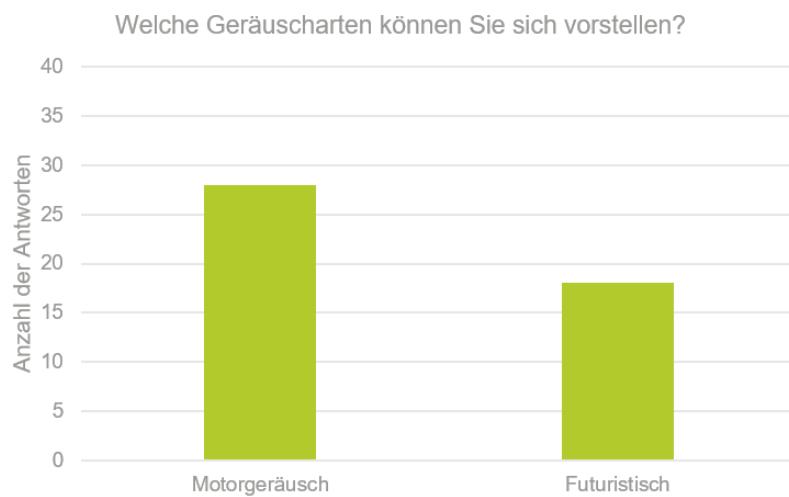


Abbildung 17: Geräuscharten (allgemeine Umfrage, Bevölkerung)



Können Sie sich vorstellen eine App zur Gefahrenwarnung in Ihrem Auto oder auf Ihrem Smartphone zu verwenden?

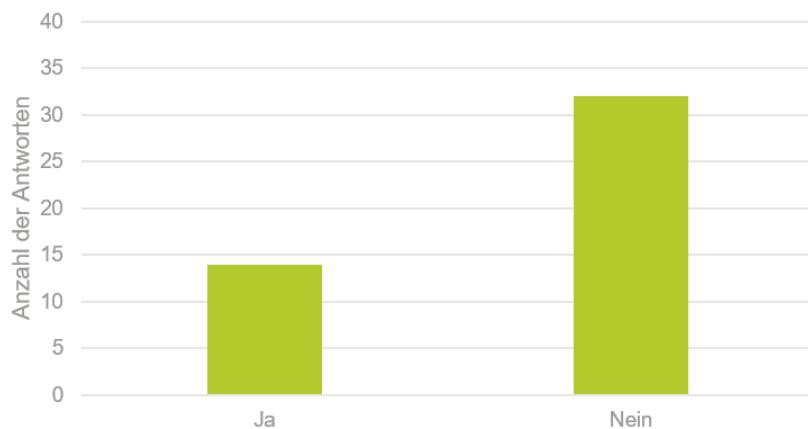


Abbildung 18: App-Nutzung (allgemeine Umfrage, Bevölkerung)

Mit Blick auf mögliche Geräuscharten für die Umsetzung eines solchen AVAS würde die Mehrheit der Teilnehmer*innen der allgemeinen Umfrage ein «Motorengeräusch» (28 Befragte) gegenüber einem «futuristischen» Signal (18 Befragte) bevorzugen (siehe Abbildung 17). Insbesondere für blinde und sehbehinderte Personen sei es von hoher Relevanz, dass das Geräusch «vom Strassenverkehr her bekannt ist» und sich von «allgemeinen Geräuschen abhebt», «bei einem futuristischen Geräusch könnte es sein, dass man nicht an ein Fahrzeug denkt».

Um das Gefahrenpotential jederzeit einschätzen zu können, liege die Konzentration der Betroffenen insbesondere «auf den Ohren im Strassenverkehr und in der Hand bei [meinem] Blindenstock». Durch zusätzliche Warnsysteme, wie etwa Apps, verschiebe sich die «Aufmerksamkeit [dagegen] auf das Smartphone und nicht auf die allgegenwärtigen Umweltgefahren oder hilfreichen Informationen des GPS-Führungssystems», wodurch ein «Information Overload» entstehen könne. Die Wirksamkeit von Apps sei darüber hinaus abhängig vom Einsatz der Anwendenden und der «Akkuleistung des mobilen Geräts». Die Verwendung einer App zur Gefahrenwarnung kann sich die Mehrheit der Befragten daher nicht vorstellen – weder zu Fuss noch im Fahrzeug (siehe Abbildung 18).

2.3.4. Ergebnisse: «Fachexpert*innen»

Während für die Teilnehmer*innen der allgemeinen Umfrage die Notwendigkeit eines AVAS ausser Frage steht, vertritt die Mehrheit der Fachexpert*innen eine andere Meinung: Mit 11 von 30 Befragten ist nur knapp ein Drittel der Expert*innen im Sample vom Sinngehalt des AVAS überzeugt. Entsprechend beantworten 18 Expert*innen die Frage, ob Elektrofahrzeuge auch in der Schweiz bis zu einer Geschwindigkeit von 20 km/h mit künstlichen Geräuschen ausgestattet werden sollten, mit «Nein» (siehe Abbildung 19).

Anstelle künstlicher Geräusche brauche es auf Seiten der Verkehrsteilnehmer*innen «etwas mehr Aufmerksamkeit»: Man müsse «den Leuten wieder beibringen, dass man auf die Strasse, auf den Verkehr schauen muss und nicht aufs Handy». Einzig beim «Ausparken oder Ausfahren aus einer Einfahrt wird man nicht gehört und muss extrem aufpassen». Davon abgesehen sei es aber «sogar besser leise unterwegs zu sein, da man es sich selbst als Fahrer mehr bewusst wird und auf die anderen Verkehrsteilnehmer*in besser zu achten».

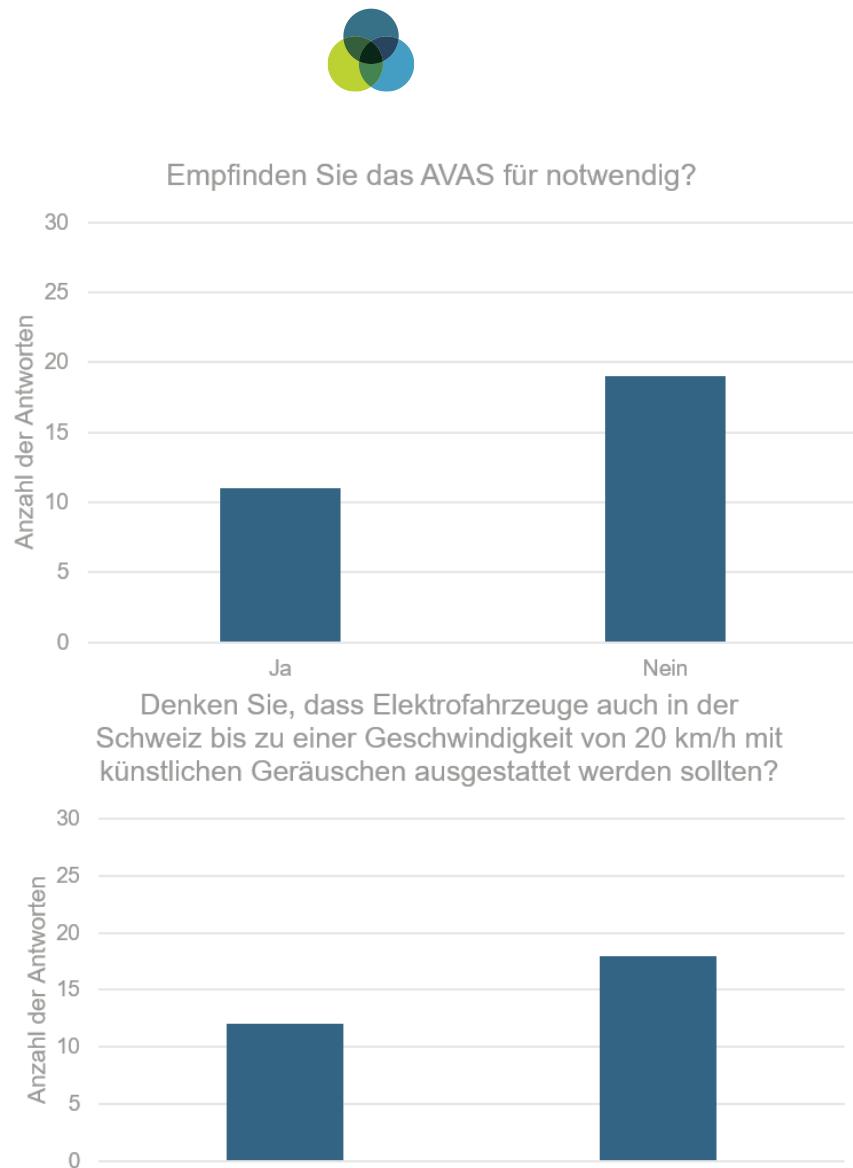


Abbildung 19: Relevanz AVAS (Umfrage der Fachexpert*innen)

Während einzelne Befragte gezielt auf das Gefahrenpotential für Kinder, ältere Personen und schwächere Verkehrsteilnehmer*innen hinweisen, sieht mehr als die Hälfte der Expert*innen kein grundsätzliches Sicherheitsproblem im Fehlen eines Signaltons bei tiefen Geschwindigkeiten (siehe Abbildung 20). Die Sensibilisierung für geräuscharme Fortbewegungsmittel sei vielmehr «eine Gewöhnungssache – auch für Blinde»: «Wer auf die Strasse geht, muss wartä + luegä!». Entsprechend ist die Mehrheit der befragten Expert*innen dagegen, auch Fahrzeuge mit leisen Verbrennungsmotoren mit einem AVAS auszustatten. Schliesslich sei es «gut, wenn endlich weniger Lärm herrscht» (siehe Abbildung 21).



Ist es Ihrer Meinung nach ein Sicherheitsproblem, dass Elektrofahrzeuge bis zu 20 km/h nicht gehört werden?

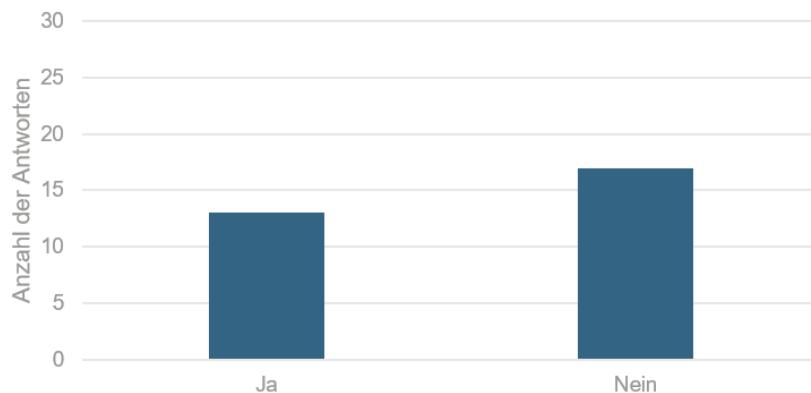


Abbildung 20: Sicherheit (Umfrage der Fachexpert*innen)

Sollen Ihrer Meinung nach auch Fahrzeuge mit leisen Verbrennungsmotoren mit einem AVAS ausgestattet werden?

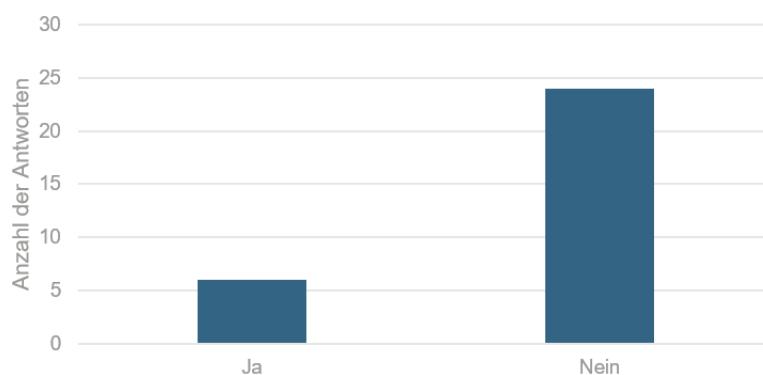


Abbildung 21: Verbrenner (Umfrage der Fachexpert*innen)

Unabhängig von der eigenen Einstellung gegenüber einem AVAS bewertet die Mehrheit der befragten Expert*innen die Richtlinie der EU für das AVAS positiv. Ein wichtiger Aspekt sei dabei die Freiheit in der Auslegung der Angaben: die Richtlinie biete «mit ihren Vorgaben eine gute Arbeitsgrundlage und lässt dabei genügend Spielraum für zur kreativen Gestaltung des Sounds» (siehe Abbildung 22). In diesem Zusammenhang bevorzugt die Mehrheit der Expert*innen «tiefe Frequenzen» und «futuristische Töne» gegenüber «hohen Frequenzen» und einem «Motorengeräusch». Neben der Wahrnehmung der jeweiligen Töne als angenehm oder unangenehm, spielen dabei insbesondere die Reichweite und die Wahrnehmbarkeit für Personen mit eingeschränktem Hörvermögen eine Rolle (siehe Abbildung 23).



Denken Sie, dass die Richtlinie der EU für das AVAS perfekt beschrieben ist?

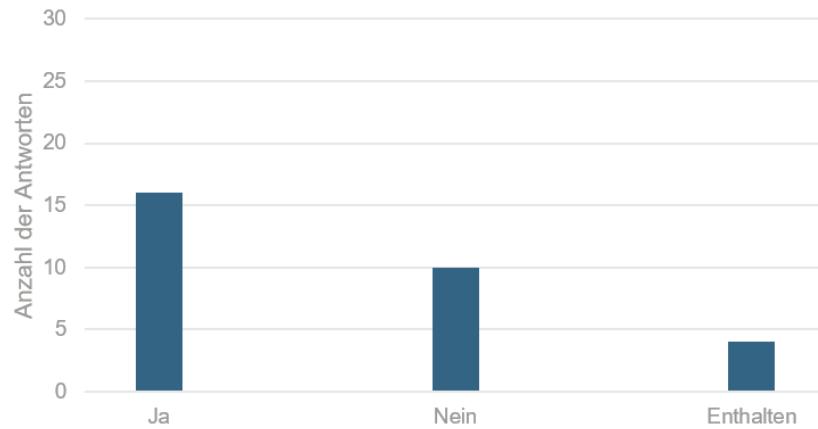


Abbildung 22: Richtlinie (Umfrage der Fachexpert*innen)

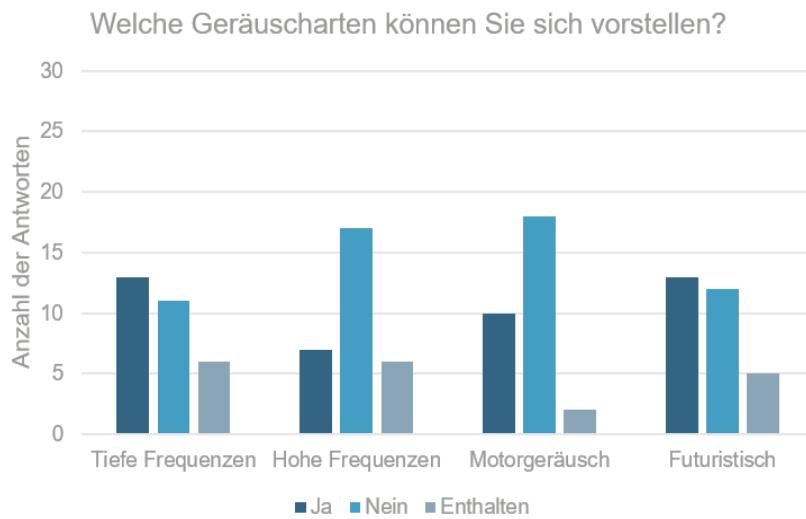


Abbildung 23: Geräuscharten (Umfrage der Fachexpert*innen)

Zweifel an der Richtlinie bestehen von Seiten der Expert*innen insbesondere mit Blick auf deren Anwendung und Durchsetzung sowie auf deren Zukunftsfähigkeit. So sei in «den Übersetzungen für die schweizerischen Vorschriften darauf zu achten, dass das Verbot der manuellen Abschaltfunktion auch wirklich durchkommt, welches gerne vergessen wird und durchaus auch falsch verstanden werden könnte». Auch sei das Rahmenwerk «not thought out enough. The basic idea is correct, but it does not reflect the current transport situation and is certainly not future proof».

Der zweiten Argumentationslinie folgend können sich zwei von drei der befragten Expert*innen vorstellen, dass das AVAS in Zukunft «obsolete» wird, wenn verbesserte Fahrassistenzsysteme auf den Markt kommen (siehe Abbildung 24). Dabei sei allerdings zu beachten, dass «verbesserte Fahrassistenzsysteme lediglich Handlungsoptionen für die Seite des Fahrzeuglenkers» bilden und es in «absehbarer Zeit immer einen Lenker braucht, der aufmerksam den Verkehr beobachtet». Zudem müsse gegeben sein, dass «neue Technologien auch für sehbehinderte und blinde Personen nutzbar sein müssen», so dass diese «eigenverantwortliche Beiträge zur Verkehrssicherheit leisten» können.



Können Sie sich vorstellen, dass das AVAS in Zukunft
"obsolet" wird, wenn verbesserte
Fahrassistentensysteme auf den Markt kommen und
damit das Auto für erhöhte Sicherheit auf den
Strassen sorgt?



Abbildung 24: Entwicklung AVAS (Umfrage der Fachexpert*innen)

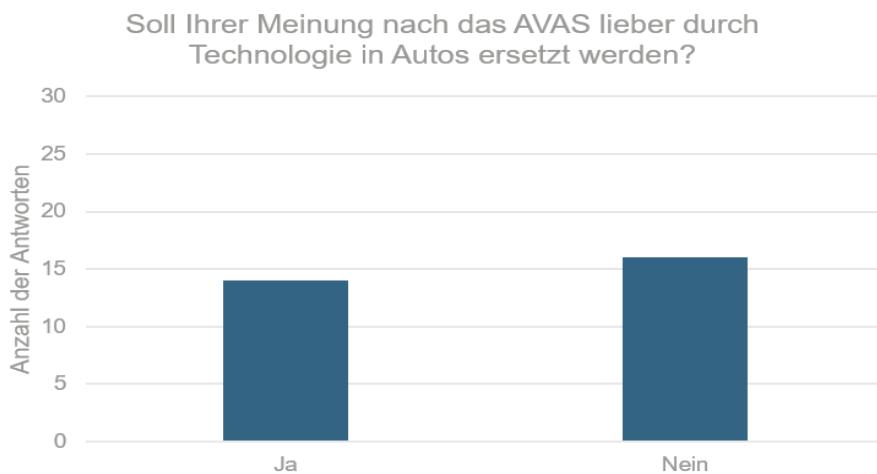


Abbildung 25: Ersatz durch Technologie (Umfrage der Fachexpert*innen)

Entsprechend uneins sind sich die Expert*innen in der Frage, ob das AVAS besser durch andere Technologie in Autos ersetzt werden sollte (siehe Abbildung 25). Sowohl die technologische Reife als auch die Sicherheit einer intelligenten Kommunikation V2V (Vehicle-to-Vehicle) bzw. V2P (Vehicle-to-Person) bewertet die Mehrheit der Befragten aktuell noch als unzureichend. Zwar wird der Technologie «viel Potential» zugesprochen. Es sei jedoch noch «viel Entwicklungsarbeit» notwendig, bis die Systeme «wirklich perfekt funktionieren» (siehe Abbildung 26).

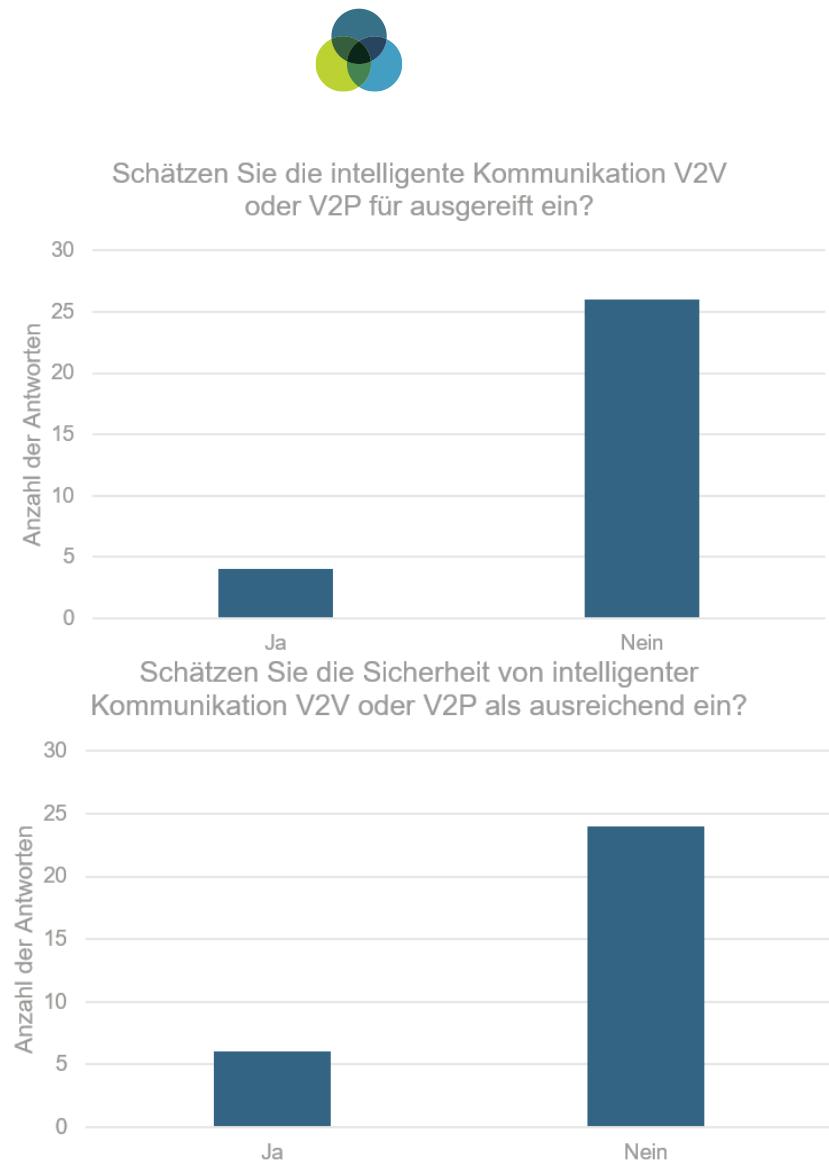


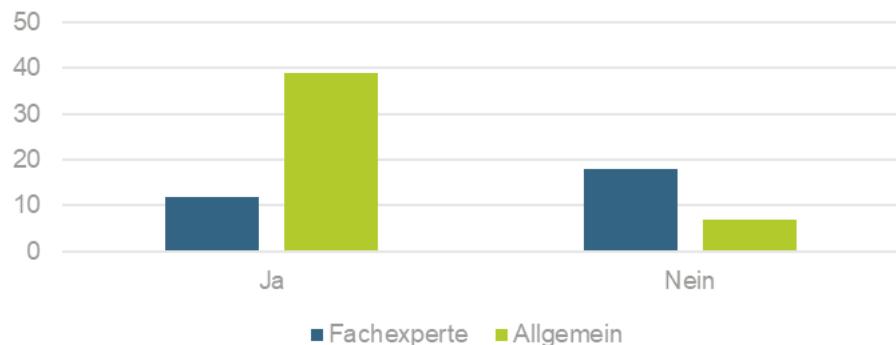
Abbildung 26: Bewertung V2V-/V2P-Kommunikation (Umfrage der Fachexpert*innen)

2.3.5. Abschliessende Bewertung der Umfrage

Die Ergebnisse der Umfrage lassen erste Rückschlüsse auf die Wahrnehmung des AVAS durch sowohl Betroffene und die allgemeine Bevölkerung als auch durch Personen mit Fachexpertise in relevanten Branchen und Forschungsfeldern (z. B. Automobilindustrie, Sound Design) zu.



Denken Sie, dass Elektrofahrzeuge auch in der Schweiz bis zu einer Geschwindigkeit von 20 km/h mit künstlichen Geräuschen ausgestattet werden sollten?



Empfinden Sie das AVAS generell eher als störend oder als zusätzliche Sicherheit?

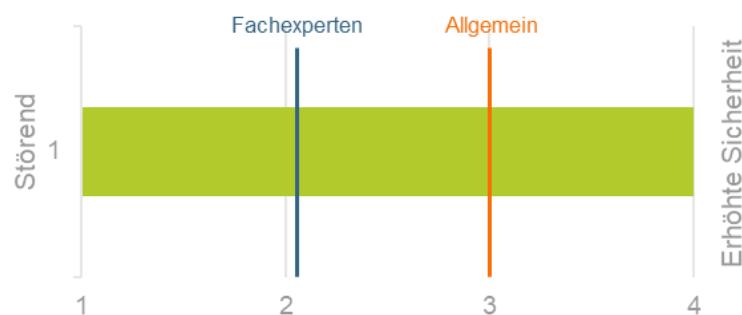


Abbildung 27: Vergleichsgrafiken Fachexpert*innen vs. Allgemein

Die Vergleichsgrafiken in Abbildung 27 zeigen hier noch einmal eindrücklich, dass zwischen den Teilnehmer*innen der allgemeinen Umfrage und den Personen mit Fachexpertise Uneinigkeit mit Blick auf die Bewertung des AVAS besteht.

Insbesondere aus der allgemeinen Umfrage geht hervor, dass die Mehrheit der Teilnehmer*innen (39 von 46 Befragten) der Thematik eine hohe gesellschaftliche Relevanz zuspricht und entsprechend eine Diskussion zum Thema AVAS begrüßen würde. Dem Wunsch nach Austausch und Weiterentwicklung wurde durch das in Kapitel 3 beschriebene Vorgehen Rechnung getragen. Der Fokus lag dabei auf der Evaluation der aktuellen AVAS sowie auf der Entwicklung und Evaluation möglicher Alternativen, die die Bedürfnisse der vorab befragten Anspruchsgruppen adressieren.



3. Design

3.1. Virtueller Hackathon «Leise Fussgängerhinweissysteme»

3.1.1. Design

Ein Design Sprint ist ein von GV (ehemals Google Ventures) entwickelter Prozessrahmen, in dem im Team eine Lösung für eine bestimmte Fragestellung erarbeitet und getestet wird. Das Vorgehen basiert auf der nutzerorientierten Logik von Design Thinking.¹ Wesentliches Element eines Design Sprints ist seine begrenzte Dauer von maximal fünf Tagen, in denen die Design Challenge entlang der Phasen Analyse, Ideation, Auswahl, Prototyping und Testing bearbeitet wird. Resultate eines Design Sprints sind der Prototyp einer Lösung sowie die Ergebnisse erster Prototypen-Tests mit potenziellen Nutzer*innen.

Für den hier beschriebenen Projektrahmen wurde ein leicht adaptiertes Vorgehen gewählt. Im Mittelpunkt stand dabei die Zielsetzung, im Rahmen der Veranstaltung realistische und umsetzbare, vor allem aber «*inspirierende Ideen für Lösungsansätze zu lärmarmen Fussgängerhinweis- & -Erkennungssystemen*» zu entwickeln.

Tabelle 1: Agenda Hackathon

Zeit	Themenkomplex	Inhalte
Tag 1		
9:00	Check-in	Vorstellungsrunde, Agenda und Regeln für die Zusammenarbeit
9:30	Analyse	Einführung ins Thema: Erwartungen & Zielsetzung für den Hackathon, Inputs Teilnehmende und gemeinsame Definition von Fokus-themen zur Bearbeitung
13:45	Ideation	Ideen-Entwicklung: Entwicklung von Lösungen zu priorisierten Fragestellungen in Einzelarbeit
16:00	Check-out	Abschlussrunde und Feedback
Tag 2		
9:00	Check-in	Energizer, Agenda und Regeln für die Zusammenarbeit
9:15	Auswahl	Evaluation der Arbeitsergebnisse: Präsentation und Bewertung von Arbeitsergebnissen aus der Einzelarbeit, Auswahl priorisierter Lösungsbestandteile
11:20	Prototyp	Ausarbeitung der Ideen-Steckbriefe: Ausarbeitung priorisierter Ideen in Gruppenarbeit
15:45	Pitches	Präsentation der finalen Ideen im Plenum

3.1.2. Durchführung

Der Hackathon fand von Donnerstag, 18. Juni, 9:00 Uhr, bis Freitag, 19. Juni 2020, 17:00 Uhr statt. Aufgrund eingeschränkter Reisemöglichkeiten infolge der globalen Covid-19-Pandemie wurde die Veranstaltung virtuell via Mural und Zoom durchgeführt.

¹ Design Thinking (DT) ist eine Denkhaltung zur kreativen Problemlösung, die von Larry Leifer, David Kelley und Terry Winograd an der Stanford University entwickelt wurde. Das Vorgehen zielt darauf ab, möglichst unterschiedliche Erfahrungen und Perspektiven hinsichtlich einer Problemstellung zusammenzubringen. Basierend auf diesem Grundgedanken sollen herausragende Marktopportunitäten realisiert werden.



Auf Einladung des Projektteams nahmen zehn Expert*innen am Hackathon teil, davon drei aus der Privatwirtschaft, drei aus Verbänden der Automobilbranche, ein aus Forschung und Lehre, ein Vertreter des Bundes (DE) sowie zwei Vertreter des Projekts «Geräuschoptimierte AVAS und alternative Fahrzeugerkennungssysteme». Je die Hälfte der Teilnehmer*innen ist derzeit wohnhaft in Deutschland bzw. der Schweiz.

Eine inhaltliche Einführung erhielten die Teilnehmer*innen zu Beginn der Veranstaltung durch einen Vertreter des Bundesamts für Umwelt (BAFU), und einen Vertreter des Schweizerischen Blinden- und Sehbehindertenverband (SBV).

Moderiert wurde der Hackathon durch Design Thinking-Expertinnen der AWK Group.

3.1.3. *Ergebnisse: Priorisierte Ideen*

In drei Arbeitsgruppen erarbeiteten die Teilnehmer*innen mögliche Lösungen für die oben beschriebene Fragestellung und präsentierten diese zum Ende des Hackathons im Plenum. Die folgenden Kapitel fassen die Ergebnisse der Arbeitsgruppen zusammen.

3.1.3.1. Situationsspezifisches AVAS

Im Zentrum der Idee «Situationsspezifisches AVAS» stehen das Erkennen von Konfliktsituationen zwischen Kraftfahrzeugen und VerkehrsTeilnehmer*innen sowie die Annahme, dass ein AVAS nur gebraucht wird, wenn entsprechende Konflikte nicht auszuschliessen sind. Beispiele für mögliche Konfliktsituationen sind etwa das Überqueren von Fussgängerstreifen (ohne Ampel), das Abbiegen ohne Sicherung (ohne Ampel), Parkverkehr (Ein- und Ausparken) sowie allgemeine Fahrbahnquerungen. Wenig Gefahrenpotential bieten hingegen Staus auf der Autobahn (Stopp-and-Go), rote Ampeln (Start-Stopp-Automatik) sowie Stopp-and-Go-Situationen im Berufsverkehr.

Situationen mit hohem Gefahrenpotential sollen künftig mithilfe von Sensoren und/oder Bilderkennung frühzeitig erkannt werden. Genutzt werden dafür insbesondere bereits vorhandene Technologien bzw. Sensoren, wie etwa Kameras, Abstandsmesser, Bluetooth, GPS oder hochfrequente Töne. Sie dienen als Trigger zur Auslösung eines AVAS.

Als mögliche Hindernisse für die Umsetzung wurden insbesondere die Genauigkeit aktueller Sensortechnologie, die Akzeptanz Betroffener (z. B. Blindenverband) sowie die Notwendigkeit umfassender Änderungen auf EU- und UNECE-Ebene diskutiert.

3.1.3.2. Hinweissysteme für Fahrzeugführende

Die Idee «Hinweissysteme für Fahrzeugführer*innen» bezweckt die frühzeitige Warnung von Fahrzeugführenden im Gefahrenfall durch ein geeignetes Hinweissignal im Cockpit. Das Hinweissignal wird dabei ausgelöst von einem Device (Absender), das schwache Verkehrsteilnehmer*innen mit sich tragen.

Um das entsprechende Signal zu erkennen, muss das Fahrzeug ebenfalls mit einem Device (Empfänger) ausgestattet sein. Im ersten Schritt ist dies über gezielte Nachrüstung eines Fahrzeugs mit Sensoren (Radar) möglich. Langfristig ist ein serienmässiger Einbau von Sensoren zur Erkennung von VerkehrsTeilnehmer*innen im Bordcomputer denkbar.

Als mögliche Hindernisse wurden die Ausstattung spezifischer Personengruppen mit entsprechenden Devices (Absendern), die Notwendigkeit einer gesetzlichen Vorgabe zur verpflichtenden Ausstattung neuer Fahrzeuge mit entsprechenden Devices (Empfänger) sowie die Verfügbarkeit spezifischer Frequenzen für das Senden und Empfangen der Signale diskutiert.



3.1.3.3. Harmonische Geräusche und Flottenintelligenz

Durch den unkoordinierten Einsatz verschiedener AVAS kann eine für Verkehrsteilnehmer*innen unangenehme Kakophonie entstehen. Um dies zu verhindern, wird mit der Idee «Harmonische Geräusche und Flottenintelligenz» ein adaptives System vorgeschlagen, das Umgebungsgeräusche erfassst und den AVAS-Sound an diese anpasst. Dies setzt eine Kommunikation der Fahrzeuge untereinander (Vehicle-to-Vehicle, V2V) voraus.

Als mögliche Hinweise wurden insbesondere gesetzliche Vorgaben sowie die Notwendigkeit der Zusammenarbeit zwischen den Herstellern diskutiert.

3.1.3.4. Weitere Ideen

Die folgenden Ideen wurden von den Teilnehmer*innen erarbeitet, von den Arbeitsgruppen aber nicht weiter ausdetailliert:

- Gerichteter Schall
- Warn-App für blinde Personen
- Lichtsystem als Warnung
- Stadt als Lebensraum
- Weiterentwicklung Fahrassistentensysteme
- Richtlinien und Normen, die Freiraum für Innovation schaffen und nicht bestimmte Lösungen vorwegnehmen

3.1.4. Abschliessende Bewertung Hackathon

Der Hackathon wurde von den Teilnehmer*innen der Veranstaltung durchweg positiv bewertet. Besonders positiv bewertet wurden die Auswahl der Teilnehmer*innen, die Möglichkeit zur Diskussion unterschiedlicher Sichtweisen in einer heterogenen Gruppe und die technische Umsetzung bzw. das Format der Veranstaltung. Gewünscht hätten sich die Teilnehmer*innen die Teilnahme weiterer Expert*innen aus der Automobilindustrie, insbesondere mit Blick auf künftige Änderungen in der Schweiz. Zudem hätte die Mehrheit der Teilnehmer*innen einen physischen Workshop bevorzugt, auch wenn dies aufgrund der globalen Covid-19-Pandemie zum Zeitpunkt der Durchführung nicht möglich war.

3.2. Lösungsansätze

Auf Basis der Ergebnisse aus dem Hackathon (s. Kapitel 3.1.3) hat das Projektteam Projektsteckbriefe für mögliche Lösungsansätze formuliert und mit dem Bundesamt für Umwelt BAFU diskutiert. Ziel der Piloten ist es, die erarbeiteten Alternativen zum AVAS möglichst praxisnah und unter Einbindung der Betroffenen zu testen.

Die Lösungsansätze werden nachfolgend anhand einer Kurzbeschreibung, Zielen und Vorgehen beschrieben.

3.2.1. Stadt als Lebensraum

Beschrieb	Der Lösungsansatz «Stadt als Lebensraum» begreift die Stadt als «Shared Space», der schwächere Verkehrsteilnehmer*innen bevorzugt. In diesem Szenario gibt es kaum Verkehrszeichen, Signalanlagen oder Markierungen. Fahrzeugführende müssen in Schrittgeschwindigkeit fahren und tragen die Verantwortung für alle VerkehrsTeilnehmer*innen. Im Rahmen des Piloten sollen Best-Practice-Beispiele evaluiert und mögli-
-----------	---



	che Adaptionen für Schweizer Gemeinden oder Städte konzipiert werden.
Ziele	<ul style="list-style-type: none">• Mögliche Best-Case-Beispiele aus dem Ausland und deren Umsetzbarkeit in der Schweiz werden aufgezeigt• Eine geeignete Zone in der Schweiz wird für einen Pilotversuch gewählt• Die Akzeptanz und Umsetzbarkeit werden mittels temporärer Anpassungen der Verkehrssignalisation in der gewählten Zone geprüft.
Vorgehen	Aufgaben im vorliegenden Lösungsansatz: <ul style="list-style-type: none">• Recherche• ca. 5 Expert*innen-Interviews• ca. 2 Workshops mit Anwendenden• Begleitung Pilotversuch und Evaluation Resultate• Bericht und Empfehlung• Optional: Weiterentwicklung Pilot auf Basis der Testergebnisse und Feedback

Tabelle 2 Lösungsansatz: Stadt als Lebensraum

3.2.2. *Harmonisches Hinweissignal durch Flottenintelligenz*

Beschrieb	Ein einzelnes Fahrzeug mit einem angenehmen Hinweissignal ist akzeptabel. Das Zusammenspiel von vielen unterschiedlichen Hinweissignalen (AVAS), etwa in einer Quartierstrasse oder hinter einer Ampelanlage, könnte allerdings eine Kakophonie auslösen. Mit dem Lösungsansatz «Harmonisches Hinweissignal durch Flottenintelligenz» soll mittels einer Vehicle-to-Vehicle-Technologie (V2V) ein Szenario erprobt werden, in dem Fahrzeuge miteinander kommunizieren und ein ganzheitliches, harmonisches Hinweissignal erzeugen.
Ziele	<ul style="list-style-type: none">• Es wird prototypisch ein kombiniertes Hinweissignal entwickelt, das von Betroffenen und Anwohnenden als angenehmes Geräusch empfunden wird• Das kombinierte Hinweissignal wird im Rahmen einer Simulation oder eines Feldversuchs mit mehreren Fahrzeugen in einer Kolonne (z. B. hinter einer Ampelanlage) getestet.
Vorgehen	Aufgaben im vorliegenden Lösungsansatz: <ul style="list-style-type: none">• Recherche• Erarbeitung von projektspezifischen Hinweissignalen• Erarbeitung Prototyp für Kommunikationstechnologie• Test Prototyp (Fokus: Akzeptanz der Betroffenen)• Bericht und Empfehlung

Tabelle 3 Lösungsansatz: Harmonisches Hinweissignal

3.2.3. *Wechselseitige Warnung zwischen Fussgänger und Fahrzeug*

Beschrieb	Im Rahmen des Lösungsansatzes «Wechselseitige Warnung zwischen
------------------	--



	<p>Fussgänger und Fahrzeug» soll ein per Funk oder Echo-Laufzeit-Verfahren arbeitender Receiver in einem Elektrofahrzeug verbaut werden. Der Receiver erkennt sich annähernde Verkehrsteilnehmer*innen, welche einen Transmitter bei sich tragen.</p> <p>Der Transmitter vibriert, sobald ein Elektrofahrzeug in der Nähe ist und der Receiver leuchtet im Elektrofahrzeug auf, sobald sich schwächere Verkehrsteilnehmer*in in unmittelbarer Nähe befinden.</p>
Ziele	<ul style="list-style-type: none">• Die Akzeptanz bei den betroffenen VerkehrsTeilnehmer*innen wird mittels Prototypen getestet.• Die Einhaltung der jetzigen AVAS Richtlinie wird überprüft.• Es wird untersucht, welche Art von Transmitter in Frage kommt und ob dafür schon vorhandene Technologien genutzt bzw. weiterentwickelt werden könnten.
Vorgehen	<p>Aufgaben im vorliegenden Lösungsansatz:</p> <ul style="list-style-type: none">• Recherche• Beschaffung Material• Test Prototyp (Fokus: Akzeptanz der Betroffenen)• Durchführen von ca. 15 Interviews• Ca. 3 Workshop im Feld• Bericht und Empfehlung• Optional: Weiterentwicklung Pilot auf Basis der Testergebnisse und Feedback

Tabelle 4 Lösungsansatz: Wechselseitige Warnung

3.2.4. *Intelligentes bzw. Situatives AVAS*

Beschrieb	<p>Ein AVAS sollte nur dann erklingen, wenn es von schwächeren VerkehrsTeilnehmer*innen gehört werden muss. Daher soll im Rahmen des Lösungsansatzes «Intelligentes bzw. Situatives AVAS» evaluiert werden, welche heute verfügbaren Sensoren die Situation auf der Strasse frühzeitig erkennen und so ein Hinweissignal bei Bedarf auslösen können.</p> <p>Es soll untersucht werden, welche Innovationen heute schon auf dem Markt sind und sich für diese Art von Kommunikation mit der Umwelt eignen.</p>
Ziele	<ul style="list-style-type: none">• Es werden Situationen identifiziert, in welchen ein situatives AVAS erklingen muss• Die Akzeptanz der Betroffenen wird in einem Feldtest überprüft.• In aktuellen und zukünftigen Fahrzeugmodellen verbaute Sensoren werden für die Verwendung eines situativen AVAS geprüft.• Die für ein situatives AVAS notwendige Kommunikation der Sensoren wird in aufgezeigt.
Vorgehen	<p>Aufgaben im vorliegenden Lösungsansatz:</p> <ul style="list-style-type: none">• Evaluation von verschiedenen Verkehrssituationen• Recherche zu Sensorik in aktuellen & zukünftigen Fahrzeugmodellen• Bericht und Empfehlung• Optional: Erarbeitung des Lösungsansatzes mit einem Automobilhersteller• Optional: Weiterentwicklung Pilot auf Basis der Testergebnisse und Feedback



Feedback

Tabelle 5 Lösungsansatz: Intelligentes bzw. Situatives AVAS

3.2.5. *Gerichteter Schall*

Beschrieb	Im Rahmen des Lösungsansatzes «Gerichteter Schall» werden zur Aussendung des Hinweissignals anstelle der aktuell verwendeten Lautsprecher spezielle Lautsprecher verwendet, die den Schall ausschliesslich in eine Richtung emittieren. Das Geräusch wird also nur gehört, wo sich schwächere Verkehrsteilnehmer*innen befinden.
Ziele	<ul style="list-style-type: none">• Es wird untersucht, ob gerichtete Lautsprecher die Geräuschbelastung verringern• Die Akzeptanz der Betroffenen wird in einem Feldtest überprüft• Die technische Machbarkeit wird in einem Feldtest überprüft• Mehrere Varianten werden dem originalen AVAS gegenübergestellt
Vorgehen	Aufgaben im vorliegenden Lösungsansatz: <ul style="list-style-type: none">• Recherche• Beschaffung Material• Messkampagnen Prototypen• Technische Machbarkeit• Akzeptanz der Betroffenen• Bericht und Empfehlung• Optional: Erweiterung der Lautsprecher mit «Intelligenz» für situatives AVAS• Optional: Weiterentwicklung Pilot auf Basis der Testergebnisse und Feedback

Tabelle 6 Lösungsansatz: Gerichteter Schall

3.2.6. *Abschliessende Bewertung der Lösungsansätze*

Die Ergebnisse des Hackathons, d.h. die präsentierten Lösungsansätze, wurden im Anschluss an die Veranstaltung mit den Auftraggeber*innen diskutiert. Als zielführende Lösung für die Schweiz wurde in diesem Zusammenhang eine Kombination aus den Kapiteln 3.2.2, 3.2.4 und 3.2.5 vorgeschlagen. Zudem wurde die im Kapitel 3.2.1 skizzierte Idee der «Stadt als Lebensraum» als ebenfalls zielführend eingestuft.



4. Validierung

4.1. Zielsetzung

Ziel von Human-Centered Design und Design Thinking ist die anwender- bzw. menschzentrierte Entwicklung von Lösungen für «echte Probleme». Wichtige Anspruchsgruppen und mögliche Anwendende werden dabei von Anfang an in die Lösungsfindung eingebunden. Gleiches gilt für die in Kapitel 3.1.1 beschriebene Methodik des Design Sprints.

Die in Kapitel 3.2 beschriebenen Lösungsansätze wurden daher im Rahmen qualitativer Expert*innen-Interviews mit Vertreter*innen wichtiger Anspruchsgruppen diskutiert. Ziel der Interviews war es, die Relevanz der entwickelten Lösungsansätze zu validieren und aufbauend auf dem Feedback der Betroffenen mögliche Verbesserungspotentiale für die entwickelten Lösungsvorschläge zu identifizieren.

4.2. Durchführung

Alle Interviews fanden im Rahmen eines gemeinsamen Workshops am 25. September 2020 beim Bundesamt für Umwelt BAFU in Ittigen statt.

Befragt wurden jeweils Vertreter*innen für den Schweizerischen Blinden- und Sehbehindertenverband SBV und den Touring Club Schweiz TCS sowie zwei Vertreter*innen für den Schweizerischen Zentralverein für das Blindenwesen SZBlind. Alle Interviews wurden durch Mitarbeiter*innen der AWK Group durchgeführt.

4.3. Ergebnisse: Experten-Interviews

Die Ergebnisse aus den Interviews sind nachfolgend zusammengefasst.

4.3.1. Stadt als Lebensraum

Bewertung	<i>Kritisch</i>		<i>Positiv</i>
Begründung	Im Lösungsansatz «Stadt als Lebensraum» wird der Verkehrsraum als «Shared Space» betrachtet. Fussgänger*innen haben in diesem Szenario Vorrang und kommen ohne Umwege zum Ziel. Mit Blick auf die technische und rechtliche Machbarkeit wird diese Idee durch den TCS positiv bewertet. Kritisch sieht der Verband hingegen das Risiko, dass eine geringere Frequentierung der Plätze durch Fahrzeuge negativ für die Wirtschaft vor Ort auswirken könnte. Damit das Konzept umgesetzt werden kann, braucht es klare Regelungen zur Minimierung des Gefahrenpotentials (z. B. Schritttempo für alle) und einen klar kommunizierbaren Mehrwert für die lokale Wirtschaft. Ferner muss sichergestellt werden, dass entsprechende Zonen als Transferzonen genutzt würden.		
	Während der TCS die Lösung als grundsätzlich gutes Konzept bewertet, stehen die Vertreter*innen für SBC und SZ Blind der Lösung skeptisch gegenüber. Beide Verbände betonen, ein Fehlen dedizierter Abschnitte für Fussgänger*innen erschwere blinden Personen die Orientierung und erzeuge damit Unsicherheit auf Seiten der Betroffenen. Klar getrennte Wege für Fussgänger*innen böten blinden Personen einen «Safe Space» und seien daher unabdingbar. Ebenso berücksichtige eine Gleichberechtigung aller Verkehrsteilnehmer*innen nicht den Fakt, dass		



Fazit	es per se schwächere (z. B. Radfahrende, Fussgänger*innen) und stärkere Parteien (z. B. Kraftfahrzeuge) gebe.
	Die Lösung wird vom Blindenverband nicht unterstützt. Auf Seiten TCS ist man grundsätzlich positiver gestimmt, verweist aber auf die Notwendigkeit klarer Regeln. Unklar bleibt zudem, wie genau der Lärm durch AVAS reduziert werden kann.

Tabelle 7: Interview-Ergebnisse: Stadt als Lebensraum

4.3.2. Harmonisches Hinweissignal durch Flottenintelligenz

Bewertung	Kritisch		Positiv
Begründung	Der Lösungsansatz fokussiert das harmonische Zusammenspiel von Hinweissignalen im Strassenverkehr. Hinweissignale können damit so umgesetzt werden, dass sie nur geringe negative Konsequenzen bei grossem Nutzen haben. Eine solche «kosmetische» Lösung zur Adaptation des AVAS wird sowohl vom TCS, als auch von SVB und SZ Blind begrüßt, da es für Blinde weiterhin möglich ist, die Anwesenheit mehrerer Fahrzeuge zu erfassen.		
Fazit	Zu beachten sei dabei, dass auch die Harmonie eindeutig als Hinweissignal erkannt werden muss. Es müsse erstens sichergestellt werden, dass die Fahrzeuge mit einer Leitstelle und anderen Fahrzeugen kommunizieren, ohne dabei personenbezogene Daten offenzulegen. Zweitens bedinge die Realisierung des Projekts eine Zusammenarbeit der Automobilhersteller mit dem Ziel, die jeweils individuellen Signaltöne aufeinander abzustimmen. Insbesondere der TCS sieht dies kritisch.		
	Alle Parteien stimmen darin überein, AVAS-Geräusche künftig nicht mehr als Lärm wahrnehmen zu wollen. Die Idee scheint im rechtlichen Rahmen der jetzigen EU-Verordnung umsetzbar. Das Potential zur Reduktion von Lärm ist jedoch mässig.		

Tabelle 8 Interview-Ergebnisse: Harmonisches Hinweissignal

4.3.3. Wechselseitige Warnung zwischen Fussgänger und Fahrzeug

Bewertung	Kritisch		Positiv
Begründung	Die «Wechselseitige Warnung zwischen Fussgänger und Fahrzeug» mittels Funk- oder Echo-Laufzeit-Verfahren wird von allen Befragten als gute Idee für zusätzlich Sicherheit im Strassenverkehr wahrgenommen. Insgesamt überwiegen aber die folgenden kritischen Punkte: <ul style="list-style-type: none">• Die Lösung verlangt, dass Personen ein zusätzliches Device mit sich führen.• Die Lösung verlagert das Risiko auf die schwächeren Verkehrsteilnehmer*innen.• Die Lösung führt zu einer Informationsüberlastung bei Fahrzeugführenden und vermittelt diesen ein falsches Gefühl der Sicherheit.• Die Lösung ist abhängig von der Störungsfreiheit der Technik – vor allem dann, wenn Fahrzeugführende sich auf sie verlassen.		



Fazit	Alle Parteien sehen die Lösung als Angebot für zusätzliche Sicherheit im Strassenverkehr, insbesondere bei Anwendung auf dem Smartphone. Damit sei sie nicht geeignet, um AVAS-induzierten Lärm zu reduzieren. Es fehle ferner an einem Konzept für die zuverlässige und sichere Warnung von Fahrzeugführenden.
--------------	---

Tabelle 9 Interview-Ergebnisse: Wechselseitige Warnung

4.3.4. *Intelligentes/Situatives AVAS*

Bewertung	<i>Kritisch</i>  <i>Positiv</i>
Begründung	<p>Sofern technisch machbar stellt ein «Intelligentes bzw. situatives AVAS» für den TCS eine optimale Lösung dar. Auch für SZBlind ist der situative Einsatz attraktiv – vor allem dann, wenn das AVAS bei geringeren Umgebungsgeräuschen abgeschwächt werden kann.</p> <p>Unklar ist dabei, ob die Umsetzung eines intelligenten bzw. situativen AVAS technisch einwandfrei funktionieren kann. Zu erwarten sei eine derartige Lösung frühestens 2025-2030, zumal die notwendigen Richtlinien und Bedingungen erst noch geschaffen werden müssten. Entsprechend bewertet der SVB die Idee als unrealistisch.</p>
Fazit	<p>Die Idee stösst auf viel Zustimmung und wird als visionäre Lösung wahrgenommen. Damit eine technische Umsetzung realistisch ist, müsse jedoch die Gesetzgebung angepasst werden. Bevorzugte Varianten:</p> <ol style="list-style-type: none">1) Das AVAS passt sich bei Gefahrensituationen an.2) Das AVAS passt sich dem Geräuschpegel der Umgebung an.

Tabelle 10 Interview-Ergebnisse: Intelligentes/Situatives AVAS

4.3.5. *Gerichteter Schall*

Bewertung	<i>Kritisch</i>  <i>Positiv</i>
Begründung	<p>Der Einsatz gerichteter Lautsprecher wird von allen Parteien als akzeptable Lösung bewertet. Vom TCS geäusserte, positive Aspekte beziehen sich auf die technische Umsetzbarkeit der Lösung sowie die Aussicht auf eine mögliche Lärmreduktion um 50 Prozent.</p> <p>Dabei müsse neben der Klangqualität sichergestellt werden, dass Hinweistöne für blinde Personen zum Teil auch seitlich hörbar sein müssten. Auch sei sicherzustellen, dass der Einsatz mehrerer an der Aussenseite des Fahrzeugs angebrachter Lautsprecher Auswirkungen auf Gewicht und Kosten des AVAS habe.</p>
Fazit	<p>Um die Idee abschliessend zu bewerten, braucht es für die Befragten genauere Informationen zur realisierbaren Lärmreduktion. Da auch seitliche Geräusche zur Orientierung dienen, dürfte die Sicherheit der schwächeren VerkehrsTeilnehmer*innen nicht beeinträchtigt werden.</p>

Tabelle 11 Interview-Ergebnisse: Gerichteter Schall



4.4. Abschliessende Bewertung der Interviews

Die Ausgestaltung von Hinweissignalen für schwache Verkehrsteilnehmer*innen ist ein hochkomplexes und sensibles Thema. Die Thematik betrifft in direkter Weise das Sicherheitsempfinden von Personen im Strassenverkehr, weshalb die Akzeptanz möglicher Lösungen durch die Betroffenen von hoher Relevanz für deren Auswahl ist.

Um diese Akzeptanz sicherzustellen und frühzeitig das Feedback der wichtigsten Anspruchsgruppen abzuholen, wurde ursprünglich ein Workshop mit Vertreter*innenn der wichtigsten Interessensgruppen avisiert. Dieser konnte aufgrund der globalen Covid-19-Pandemie nicht durchgeführt werden.

Aus den Resultaten der in diesem Kapitel dargestellten Interviews lassen sich erste Hinweise zur Bewertung und Akzeptanz der Lösungsansätze durch blinde Personen als eine wichtige Anspruchsgruppe bei der Entwicklung eines alternativen AVAS ableiten.

Die Aussagen, die stellvertretend für den Schweizerischen Blinden- und Sehbehindertenverband, SZ Blind und den Touring Club Schweiz TCS getroffen wurden, geben Auskunft über mögliche Ansatzpunkte für weiterführende Befragungen zur Akzeptanz bei den Betroffenen sowie zur technischen und rechtlichen Machbarkeit der Lösungsansätze. Aufgrund der geringen Datenlage wird jedoch empfohlen, die jeweils relevanten Interessengruppen (z. B. Pädagog*innen, Eltern, Psycholog*innen, Soziolog*innen, Polizei, Senior*innen, Beratungsstelle für Unfallverhütung, etc.) im Falle der Umsetzung einzelner Lösungsansätze frühzeitig einzubinden.



5. Diskussion

Der vorliegende Bericht fasst die Knergebnisse des durch das Bundesamt für Umwelt (BAFU) in Auftrag gegebenen Projekts «Leise Fussgängerhinweissysteme» zusammen. Das Projekt wurde in der Zeit zwischen April 2019 und Dezember 2020 durch die AWK Group durchgeführt. Kernziel des Projekts war es, Lösungsansätze für lärmarme Fussgängerhinweissysteme zu entwickeln, die auch ohne die Emission zusätzlichen Lärms eine hohe Sicherheit für alle Verkehrsteilnehmenden garantieren.

Entsprechend der Vorgehensweise im Projekt folgt auch der vorliegende Abschlussbericht den inhaltlichen Schritten aus Analyse (s. Kapitel 2.1, 2.2 und 2.3), Design (s. Kapitel 3.1 und 3.2) und Validierung (siehe Kapitel 4). Konkret umfasst dies die Durchführung einer Literatur- bzw. Trendrecherche, einer quantitativen Umfrage sowie eines internationalen Hackathons, in dessen Rahmen gemeinsam mit Expert*innen aus Deutschland und der Schweiz mögliche Alternativen zum AVAS erarbeitet wurden. Im Ergebnis entstanden so fünf potenzielle Lösungsansätze, die deren Kombination ein harmonisches Hinweisignal skizziert, welches in Abhängigkeit vom Gefahrenpotential einer Verkehrssituation intelligent eingesetzt und mittels gerichteter Lautsprecher emittiert werden kann.

Diese Lösungsansätze wurden anschliessend Vertreter*innen des Bundesamts für Straßen (ASTRA) präsentiert. Ein Vertreter des ASTRAS ist zudem Mitglied der «Groupe Rapporteur Bruit et Pneumatiques (GRBP) der UNECE «World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations» (WP.29). In diesem Austausch sind die meisten der fünf Lösungsansätze als interessant und zielführend eingestuft worden. Es zeigte sich zudem, dass die kombinierten Lösungsansätze eines Hinweissignals, welches in Abhängigkeit vom Gefahrenpotential einer Verkehrssituation intelligent eingesetzt und mittels gerichteter Lautsprecher emittiert wird, am zielführendsten erachtet wird. Im Jahr 2021 sollen die Resultate der WP.29 der UNECE präsentiert werden, um die Lösungsansätze weiter zu schärfen und ein allfälliges Pilotprojekt noch zielführender aufsetzen zu können.

Ein wichtiges Interessengebiet des BAFU ist in diesem Zusammenhang das Thema «Lärm», insbesondere, da anhaltende Lärmelastung negative Auswirkungen auf sowohl individueller (z. B. Schädigung des Gehörs, Schlafstörungen, Depressionen) als auch auf gesamtgesellschaftlicher Ebene bedingt (z. B. Wertverlust von Liegenschaften, geringere Attraktivität von städtischen Gebieten). Gesetzliche Grundlagen für die Lärmbekämpfung sind das Umweltschutzgesetz und die Lärmschutzverordnung. Die Zielsetzung besteht jeweils darin den Lärm primär an der Quelle zu reduzieren, indem jeweils der neueste Stand der Technik zur Lärmvermeidung verwendet wird [28].

Dass jedoch die Reduktion von Fahrzeuglärm (wie bspw. Motorenlärm oder Geräuscherzeugung durch AVAS) nicht immer und für alle Parteien eine zielführende Lösung ist, zeigen sowohl die Ergebnisse der Stakeholder-Umfrage (siehe Kapitel 2.3.3), als auch die im Rahmen der Validierung gesammelten Feedbacks (siehe Kapitel 4.3). Es wird deutlich, dass gerade Personen, die zur Gruppe der schwächeren Verkehrsteilnehmenden gehören (d.h. blinde, sehbehinderte, oder hörgeschwächte Personen), der Entwicklung geräuscharmer Alternativen zu einem AVAS – und damit auch einem Teil der hier dargestellten Ideen – kritisch gegenüberstehen.

Fasst man die Bedenken der Befragten zusammen, zeigt sich neben der Angst, künftig keine Handhabung mehr über die eigene Sicherheit zu haben, insbesondere der Wunsch, die eigenen Bedenken und Bedürfnisse an geeigneter Stelle einbringen zu können. Der entsprechenden Forderung der Befragten nach einer umfassenden Diskussion zum Thema AVAS konnte im Rahmen dieses Projekts und aufgrund veränderter Rahmenbedingungen infolge Covid-19 nur zum Teil Rechnung getragen werden. Entsprechend wird in Kapitel 4.4 die Kontaktaufnahme zu weiteren potenziell relevanten Anspruchsgruppen empfohlen (z. B. Pädagog*innen, Eltern, Psycholog*innen, Soziolog*innen, Polizei, Senior*innen, Beratungsstelle für Unfallverhütung, etc.).



6. Fazit

Das Thema «Lärm» bewegt die Schweizer Gesellschaft. 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, das nur durch den smarten Einsatz neuartiger und geräuscharmer Fussgängerhinweissysteme nachhaltig zu lösen ist.

Einen ersten Schritt in diese Richtung erlauben die in diesem Dokument dargestellten Projektideen

1. «Stadt als Lebensraum»
2. «Harmonisches Hinweissignal durch Flottenintelligenz»
3. «Wechselseitige Warnung zwischen Fussgänger und Fahrzeug»
4. «Situatives/Intelligentes AVAS» und
5. «Gerichteter Schall»,

deren Pilotierung für 2021 geplant ist. Die Erarbeitung der Pilotlösungen erfolgt dabei iterativ und erfahrungsbasiert unter Einbezug regelmässiger Feedbacks. Neben der Prüfung der technischen Machbarkeit wird eine wichtige Aufgabe daher darin bestehen, die wichtige Stakeholder kontinuierlich in den Entwicklungsprozess einzubeziehen und die geäusserten Einwände und Bedenken ernst zu nehmen. Die zugehörige Stakeholder Map ist dabei kontinuierlich zu hinterfragen und durch relevante Anspruchsgruppen zu ergänzen, um die Akzeptanz der Lösungen so früh wie möglich sicherzustellen.

Auch über die Lösungsansätze hinaus besteht grosses Potential darin, das Interesse der Bevölkerung zu nutzen und diese aktiv in die politische Diskussion zum Thema «Lärm» einzubinden. Analog zu dem beschriebenen Vorgehen erlaubt der Einsatz von menschzentrierten Methoden eine interaktive Gestaltung des Dialogs unter Einbezug von sowohl technischen und wirtschaftlichen als auch gesellschaftspolitischen Gesichtspunkten.



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/thermen/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/19_0506/
[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/wp29reqs/2017/R138r1e.pdf
[4] Japanese Activities on Approaching Vehicle Audible System for HEVs and EVs	MLIT	2010	http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2010/wp29qrb/QRTV-02-08e.pdf
[5] Introduction of China AVAS requirements and test methods of electric vehicles running at low speed	CATRC/NTCAS	2018	https://wiki.unece.org/own-load/attachments/60361498/GTRQRTV-06-08%20%28China%29%20Introduction%20of%20China%20AVAS%20requirements%20and%20test%20methods%20of%20electric%20vehicles%20running%20at%20low%20speed.ppt?api=v2
[6] Minimum Sound Requirements for Hybrid and Electric Vehicles	NHTSA	2013	https://www.nhtsa.gov/staticfiles/rulemaking/pdf/Quiet_Cars_Draft_EA.pdf
[7] Optimierung des Aussengeräusches von Elektrofahrzeugen	Wolff et al	2018	https://link.springer.com/article/10.1007/s35148-018-0070-z?shared-article-renderer
[8] Acoustic Vehicle Alerting System (AVAS)	STMicroelectronics	2020	https://www.st.com/en/applications/electromobility/acoustic-vehicle-alerting-system-avas.html
[9] Klangzeugung für mehr Sicherheit im Strassenverkehr	Augustine, R.	2020	https://link.springer.com/article/10.1007/s35148-019-0164-2
[10] Funktionsweise und Technologie von Ultraschallsensoren	Baumer GmbH	2020	https://www.baumer.com/de/de/service-support/funktionsweise/funktionsweise-und-technologie-von-ultraschallsensoren/a/How-how-Function_Ultrasonic-sensors
[11] Neue Radarsensoren für Sicherheit und Komfort im Automobil	Dr. Ralph H. Rasshofer,	17.01.2011	https://www.elektroniknet.de/automotive/assist



bil der Zukunft	Frerk Fitzek		enzsysteme/neue-radar-sensoren-fuer-sicherheit-und-komfort-im-automobil-der-zukunft.66015.html
[12] An Introduction to Automotive LIDAR	Motaz Khader, Samir Cherian	2020	https://www.ti.com/lit/wp/slyv150a/slyv150a.pdf?ts=1603359447223&ref_url=https%252Fwww.google.com%252F
[13] Adaptive acoustic vehicle alerting sound, AVAS, for electric vehicles	Truls Berge Frode Haukland	2019	https://www.sintef.no/publikasjoner/publikasjon/?pubid=1682406
[14] Actran Helps Reduce Time to Optimize Design of Active Pedestrian Alerting System by 50%	Interview with Jinmo Lee	2018	https://www.fft.be/sites/default/files/cs_hyundai_ltr_pt.pdf
[15] Fahrerassistenzsysteme - BFU für europäische Standards in der Schweiz	BFU	-	https://www.bfu.ch/de/die-bfu/politische-positionen/fahrerassistenzsysteme
[16] Fahrerassistenzsysteme - Ermittlung des Sicherheitspotenzials auf Basis des Schadengeschehens der Deutschen Versicherer	Hummel et al	2011	https://m.udv.de/sites/all/libraries/pdf.js/web/vie-wer.html?file=https%3A%2Fm.udv.de%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Ftx_udvpublications%2Ffb_nr12_fs03fas.pdf#page=1
[17] Abbiegeassistenten für Lkw und Busse werden ab 2022 Pflicht	Europäische Kommission	26.03.2019	https://ec.europa.eu/germany/news/20190326-abbiegeassistenten_de
[18] Unfallvermeidung: Wie verlässlich sind Abbiegeassistenten?	Annika Platt	28.10.2019	https://kommunalwirtschaft.eu/blog/1433-unfallvermeidung-wie-verlaesslich-sind-abbiegeassistenten
[19] Wenn es knapp wird, lenkt das Auto mit	BFU (Smart Rider Artikel)	20.03.2020	https://smartrider.ch/de/aktuelles/ausweichassistent-unterstuetzung-bei-schnellen-lenkmoevern
[20] Lärmmissionen von Elektro-autos	Kathrin Dudenhöffer	2013	https://bibliographie.ub.uni-du.de/servlets/DozBibEntryServlet?id=ubo_mods_00046286
[21] Noise from electric vehicles	Skov & Iversen	2015	https://www.vejdirektoratet.dk/api/drupal/sites/default/files/publications/noise_from_electric_vehicles_0.pdf
[22] The sound of silence of electric vehicles – Issues and Answers	Misdariis & Pardo	2017	https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01708883
[23] Lärmauswirkungen von Acoustic Vehicle Alerting Systems (AVAS) bei Elektro- und Hybrid-fahrzeugen	Emanuel Hammer Erik Bühlmann Vincent Roth	2019	Noch nicht veröffentlicht



[24] „Car 2 Car/Car 2 X“ Kommunikation - Kommunikation zwischen Fahrzeugen und deren Umgebung	Felix Graf	04.09.2009	https://www.uni-koblenz-landau.de/de/koblenz/fb4/ist/AGZoebel/Lehre/ss09/Seminar09/graf
[25] Um die Ecke blicken	Stern (ZF Interview)	30.11.2016	https://www.stern.de/auto/fahrberichte/zf-x2safe-7219188.html
[26] Continental macht Strassenbeleuchtung intelligent	Continental	2020	https://www.continental-automotive.com/de-DE/Passenger-Cars/Vehicle-Networking/Comfort-Security/Intelligent-Street-Lamp
[27] Pedestrian Detection with Autoregressive Network Phases	Brazil Garrick Liu Xiaoming	2018	https://arxiv.org/abs/1812.00440
[28] BAFU – Thema Lärm		30.10.2020	https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/laerm.html



Danksagung

Wir möchten sämtlichen Teilnehmer*innen des Hackathons herzlich danken. Dank der aktiven Mitarbeit der unten aufgeführten Teilnehmer*innen konnten wir die in diesem Bericht geschilderten Ideen erarbeiten und überhaupt erst spannende Ergebnisse erhalten.

Weiter möchten wir uns bei Herrn Joël Favre des SBV (siehe unten) für seine Schilderungen am Hackathon, welche zur Formulierung der Anforderungen an die Ideen sehr wichtig und zentral waren, bedanken.

Allen Interviewpartner*innen möchten wir ein herzliches Dankeschön ausrichten, für ihre aufgebrachte Zeit für die Beantwortung der Umfrage. Zudem bedanken wir uns beim SZBlind für die Demonstration der für Blinde und sehbehinderten bereits existierenden Hilfsmittel.

Last but not least bedanken wir uns bei allen Teilnehmer*innen der Online-Umfrage, welche uns die Richtung für das Projekt gewiesen haben, um einen zielführenden Hackathon durchführen zu können.

Teilnehmende des Hackathons (in alphabetischer Reihenfolge)

Peter Affolter, Dozent für Fahrzeugelektrik und -elektronik, Fachhochschule Bern

Dirk Boenke, Dr.-Ing., Bereichsleiter "Verkehr und Umwelt", Stuva, Köln (DE)

Jan Gebhardt, Umweltbundesamt Deutschland, Berlin (DE)

Sascha Grunder, Touring Club Schweiz TCS, Vernier

Marco Hauk, AWK Group AG, Zürich

Emanuel Hammer, AWK Group AG, Zürich

Jasper de Kruiff, Impulse Audio Lab, München (DE)

Bernd Lehming, Stuva, Köln (DE)

Baton Shala, AWK Group AG, Zürich

Clemens Zimmer, Impulse Audio Lab, München (DE)

Interviewpartner*innen (in alphabetischer Reihenfolge)

Joël Favre, Schweizerischer Blinden- und Sehbehindertenverband SBV, Lausanne

Sascha Grunder, Touring Club Schweiz TCS, Vernier

Stephan Mörker, Schweizerischer Zentralverein für das Blindenwesen SZBlind, St. Gallen

Regina Reusser, Schweizerischer Zentralverein für das Blindenwesen SZBlind, St. Gallen