

# Anforderungen an das Sounddesign von User Interface Sounds zur audiogestützten Mensch-Maschine- Interaktion des Smart Companion 2 bei Menschen im dritten Lebensalter

Masterthesis

Ausgeführt zum Zweck der Erlangung des akademischen Grades

**Dipl.-Ing. für technisch-wissenschaftliche Berufe**

am Masterstudiengang Digital Media Production an der Fachhochschule  
St. Pölten, **Masterklasse Audio Design**

von:

**Steffen Acosta (geb. Marquardt), B.A. B.Eng.**  
mp211510

Betreuer: FH-Prof. Andreas Jakl, MSc  
Zweitbetreuer: Mathis Nietschke

Wien, 10. September 2023

# Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere, dass

- ich diese Arbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe.
- ich dieses Thema bisher weder im Inland noch im Ausland einem Begutachter/einer Begutachterin zur Beurteilung oder in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Diese Arbeit stimmt mit der vom Begutachter bzw. der Begutachterin beurteilten Arbeit überein.

Wien, den 10. September 2023

.....  
Ort, Datum

  
.....

Unterschrift

# Kurzfassung

Die vorliegende Masterarbeit befasst sich mit der konzeptionellen und praktischen Entwicklung von User Interface Sounds im Kontext des Forschungsprojekts *Smart Companion 2* (= SC2) der FH St. Pölten.

Das primäre Ziel von SC2 besteht darin, die individuelle Autonomie von Personen im Alter von 60 bis 85 Jahren zu fördern und zu erhalten. Dies wird durch vielfältige Interventionen erreicht, unter anderem durch die Senkung des Sturzrisikos, das durch die Integration eines handelsüblichen Staubsaugroboters mit einem darauf montierten „Amazon Echo Dot“ und zusätzlichen Sensoren ermöglicht wird. SC2 ist somit in der Lage, bspw. eine bewusstlose Person zu identifizieren und bei Bedarf einen Notruf abzusetzen. Es werden insgesamt vier Szenarien des SC2 in Bezug auf die Nutzung von User Interface Sounds (= UI Sounds) untersucht, die die Dialoge des „Echo Dots“ erweitern sollen.

Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt auf den spezifischen Anforderungen an das Sounddesign von UI Sounds, die mittels Digital Audio Workstation (= DAW) nach technischen und theoretischen Anforderungen entwickelt, implementiert und einer Evaluierung im Rahmen eines Human-Centered Design (= HCD) mit Hilfe eines Mixed Methods Forschungsdesign (= MMR) unterzogen. Trotz der geringen Stichprobe ermöglichte MMR eine tiefgreifendere Evaluation durch die gleichwertige Gewichtung der qualitativen und quantitativen Aussagen.

An der Erhebung wurde insgesamt 8 von 20 UI Sounds von den Testuser\*innen für die 4 Szenarien favorisiert, welche zuvor quantitativ und qualitativ mit einem moderierten User\*innentest ermittelt wurden. Dies bietet erste Einblicke für weitere Anforderungen an das Sounddesign, um die Akzeptanz der Nutzung des SC2 zu erhöhen und die User\*innen Experience zu steigern.

Es wird betont, dass die Studie mehrere Limitationen aufweist. Für eine umfassendere und valide Einschätzung der implementierten Maßnahmen und ihrer Effekte wäre die Durchführung weiterer Studien, insbesondere Feldstudien, erforderlich.

# Abstract

The present Master thesis explores the conceptual and practical development of User Interface Sounds within the context of the research project Smart Companion 2 (= SC2), hosted by St. Pölten UAS. The primary objective of SC2 is to enhance and maintain the individual autonomy of persons aged 60 to 85. This is achieved through various interventions, including the reduction of fall risk, facilitated by the integration of a commercial vacuum cleaner robot equipped with an "Amazon Echo Dot" and additional sensors. As such, SC2 is capable of, for example, identifying an unconscious person and initiating an emergency call if necessary. A total of four scenarios related to the usage of User Interface Sounds (= UI Sounds) are examined to augment the dialogues of the "Echo Dot."

The core of this work is focused on the specific requirements for the sound design of UI Sounds. These sounds were developed, implemented, and evaluated within the framework of Human-Centered Design (= HCD) using a Digital Audio Workstation (= DAW), in conjunction with a Mixed Methods Research Design (= MMR). Despite the small sample size, MMR enabled a more in-depth evaluation through the balanced weighting of qualitative and quantitative statements.

During the study, a total of 8 out of 20 UI Sounds were favored by test users for the four scenarios. These were previously determined both quantitatively and qualitatively via a moderated user test. This offers initial insights into further requirements for sound design, aimed at increasing the acceptance of SC2 usage and enhancing the user experience.

It is emphasized that the study has several limitations. For a more comprehensive and valid assessment of the implemented measures and their effects, further studies, particularly field studies, is necessary.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Ehrenwörtliche Erklärung</b>	<b>II</b>
<b>Kurzfassung</b>	<b>III</b>
<b>Abstract</b>	<b>IV</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>V</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>7</b>
1.1 Problemstellung und Motivation	7
1.2 Forschungsfragen und Hypothesen	10
1.3 Vorgehensweise und Zielsetzung	12
1.4 Aufbau der Thesis	13
<b>2 Forschungsstand</b>	<b>14</b>
2.1 Begriffsdefinitionen	16
<b>3 Anforderungen &amp; Methoden</b>	<b>20</b>
3.1 Anforderungen	20
3.1.1 Technische Anforderungen	20
3.1.2 Anforderungen an das Sounddesign	21
3.2 Methoden	26
3.2.1 Stichprobe	29
3.2.2 Produktion Stimuli	30
3.2.3 Technische Umsetzung des moderierten User*innentests	32
<b>4 Durchführung und Evaluation</b>	<b>38</b>
4.1 Durchführung	38
4.1.1 Schritt 1 - Zuordnung UI Sounds - Szenarien (F1.2)	39
4.1.2 Schritt 2 - Ranking der UI Sounds	40
4.1.3 Schritt 3 - Eignung UI Sounds zur Vermittlung des Inhalts des zweiten Szenarios	40
4.2 Evaluation	41
4.2.1 Quantitative Evaluation	41
4.2.2 Qualitative Evaluation	42
<b>5 Ergebnisse</b>	<b>43</b>
5.1 Ergebnisse der Lautsprecheruntersuchung	44
5.2 Raumparameter der Testumgebungen	45
5.3 Stichprobenbeschreibung	47
5.4 Ergebnisse Mixed Methods Triangulation	49
5.4.1 Überblick der qualitativen Ergebnisse	49

5.4.2	Rangfolge der UI Sounds (F1)	54
5.4.3	Ergebnisse der Szenarien Zuordnung (F1.2)	59
5.4.4	Zusammenhänge zwischen Geschlecht, Lebensalter und dem Antwortverhalten (F1.3)	63
5.4.5	UI Sounds & Dialog zur Vermittlung des zweiten Szenario Inhalts (F2)	63
5.4.6	Ergebnisübersicht	65
<b>6</b>	<b>Diskussion &amp; Conclusio</b>	<b>67</b>
6.1	Diskussion	68
6.1.1	Diskussion Fehler Stimuli	69
6.1.2	Diskussion Schwerhörigkeit	69
6.1.3	Diskussion Rangfolge UI Sounds (F1)	70
6.1.4	Diskussion Szenarien Zuordnung (F1.2)	71
6.1.5	Diskussion Dialog und UI Sounds oder nur Dialog (F2)	72
6.1.6	Limitationen	74
6.2	Conclusio	75
6.3	Weiterführende Forschung	76
<b>Literaturverzeichnis</b>		<b>77</b>
<b>Begriffs- &amp; Abkürzungsverzeichnis</b>		<b>82</b>
<b>Anhang</b>		<b>84</b>
A.	Umfragebogen	84
B.	Einverständniserklärung	99
C.	Transkripte	100
D.	Beispiel einer manuellen Randomisierung in „Google Forms“	108
E.	Messung SPL in dB(A) in 2 m Entfernung zum LS	109
F.	Abbildungen Frequenzbereiche UI Soundpacks	110
G.	Abbildungen Testräumlichkeiten TP1-7	113
H.	Danksagung	117

# 1 Einleitung

## 1.1 Problemstellung und Motivation

Das lange Führen eines autonomen Lebens in der eigenen Wohnung ist für viele Menschen ein wichtiges Ziel, insbesondere für Menschen von 60 bis circa 85 Lebensjahren, welche auch als Menschen im dritten Lebensalter im soziologischen Sinn bezeichnet werden (siehe Kapitel 2.1). Abgrenzen lässt sich der dritten Lebensabschnitt mit der überwiegend vorhandenen psychischen und physischen Leistungsfähigkeit, die im vierten Lebensalter abnimmt (Kruse, 2017, S. 29). Jedoch gibt es einige Herausforderungen, die auch bereits bei Menschen im dritten Lebensalter berücksichtigt werden müssen, um die Sicherheit und das Wohlbefinden dieser Personengruppen zu gewährleisten. Eine dieser Herausforderungen ist das Risiko von Stürzen.

28 bis 35 % der Individuen über 65 Jahren stürzen mindestens einmal pro Jahr mit einem Anstieg auf 32-42 % bei den über 70-Jährigen Menschen (World Health Organization, 2008, S. 1). Diese Stürze können zu schwerwiegenden Verletzungen und grundsätzlich zu einer Verschlechterung des Gesundheitszustands führen, insbesondere bei älteren Menschen. Daher ist die Sturzerkennung und -prävention (Rubenstein & Josephson, 2002) von großer Bedeutung.

Trotz des Risikos von Stürzen haben nur 6% der Menschen über 65 Jahren Notfallsysteme in ihren Wohnungen (Seemayer et al., 2020). Ein möglicher Erklärungsansatz für dieses Verhalten könnte eine Form von Stigmatisierung sein, die im Kontext von altersbezogenen Stereotypen auftritt. Diese Stigmatisierung könnte dazu führen, dass sich die betreffenden Individuen von den genannten Stereotypen distanzieren möchten, was wiederum die Akzeptanz der in Frage stehenden Technologien reduzieren könnte. (Coughlin et al., 2007).

Gleichwohl ist die Zeit nach dem Eintreten eines Sturzereignisses eines Individuums bis zur Hilfeleistung entscheidend für die Genesung und das Wohlbefinden der betroffenen Person (Gurley et al., 1996). Daher sind technische Hilfen für die Sturzerkennung und -prophylaxe wichtig, um frühzeitig und individuell angepassten Maßnahmen zur Prävention oder Reduzierung einleiten zu können.

Handelsübliche Staubsaugerroboter sind ein Beispiel für eine Technologie, die bei Senioren auf hohe Akzeptanz stößt (Frennert & Östlund, 2014). In Österreich machen jene Roboter 80% aller verkauften Haushaltsroboter aus (BRANCHENRADAR.com Marktanalyse GmbH, 2019), wodurch das Projekt „Smart Companion“ (= SC1) und die Sondierungsstudie an der FH St. Pölten 2019 entstand.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich demnach nicht ausschließlich mit dem SC2, sondern versucht sich vorrangig an einer auditiven Forschungslücke des Smart Speakers: der Entwicklung und Evaluation von User Interface Sounds (= UI Sounds) für das Forschungsprojekt Smart Companion 2 (= SC2).

SC2 wird im Center for Digital Healthcare and Social Innovation der FH St. Pölten bearbeitet und koordiniert. Inhaltlich und technisch geht es bei SC2 ganz grundsätzlich um die Synergie der Benutzung von intern verbauter Sensorik handelsüblicher Staubsaugroboter, welche zusätzlich um einen Smart Speaker und weiterer Sensoren erweitert werden, sodass eine Mensch-Maschine-Interaktion (= MMI) zwischen der Zielgruppe und des SC2 möglich ist. In der vorliegenden Arbeit geht es technisch gesehen um den SC1 Prototypen, welcher konkret u.a. aus einem „Roborock S5“ Staubsaugerroboter (Beijing Roborock Technology Co.,Ltd., 2018) besteht. Auf diesen handelsüblichen Roboter wird sodann ein „Amazon Echo Dot“ Smart Speaker befestigt, sodass ein Zugang zum Sprachassistenten (= IPA) „Amazon Alexa“ (Amazon, 2023) ermöglicht wird (siehe Abbildung 1). Erwähnenswert ist, dass der SC2 Aufbau bereits mit einem anderen Staubsaugermodell durchgeführt wird, was jedoch für die Untersuchungen innerhalb dieser Arbeit zunächst nebensächlich ist und fortan dennoch von dem SC2 Prototypen die Rede sein wird, wenngleich es unterschiedliche Staubsaugerrobotermodelle sind.

**Abbildung 1**

*Smart Companion Prototyp bestehend aus „RoboRock S5“ und „Amazon Echo Dot“ mit „Amazon Alexa“ IPA*



*Anmerkung.* Abbildung 1 entstammt aus einer Präsentation des SC-Projektteams. Zu sehen sind: Roborock S5 inkl. Ladestation, „Amazon Echo Dot“, Akkupack Echo Dot (Fachhochschule St. Pölten GmbH, 2022a, S. 6).

Die Begriffsdefinition eines Smart Speakers ist, dass es sich um einen Lautsprecher mit smarten Funktionen, wie bspw. Sprachsteuerung handelt und eine WLAN-Verbindung, um bspw. direkt auf Musik-Streaming-Dienste zugreifen zu können oder Zugriff auf Sprachsteuerungsfunktionen ermöglichen (netzwelt GmbH, 2023).

Zur Historie ist erwähnenswert, dass das Projekt bereits seit November 2019 als „Smart Companion“ (= SC) lief (Fachhochschule St. Pölten GmbH, 2019) und sich seit 01.03.2022 mittlerweile in der zweiten Runde unter dem Projektnamen SC2 befindet. Die Projektleitung unterliegt FH-Prof. Andreas Jakl MSc, der die weiteren Stakeholder Robert Bosch AG (= Bosch) mit Sitz in Wien, die Akademie für Altersforschung am Haus der Barmherzigkeit (= AAF) mit Sitz in Wien und den Arbeiter-Samariter-Bund Gruppe Linz (= ASB) mit Sitz in Linz koordiniert, wie auch die FH-internen Mitarbeitenden FH-Prof. Dipl.-Sporting. Dr. Mario Heller, Florian Zahorka BA MA, Dipl.-Ing. Stefanie Größbacher BSc, Dr. rer. nat. Vanessa Yue Fei Leung, FH-Prof. Mag. Dr. Johannes Pflegerl, Ing. Dipl.-Ing. Bernhard Girsule, BSc, Dipl.-Ing. David Feilacher, BSc und Dr. Sabine Lehner BA MA. Gefördert wurden und werden die Projekte SC und SC2 von der Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (= FFG) (Fachhochschule St. Pölten GmbH, 2022b; FFG, 2023). Die Idee zu dieser Arbeit entwickelte sich aus der interdisziplinären Zusammenarbeit des Verfassers zusammen mit FH-Prof. Andreas Jakl MSc. Im Rahmen des Unterrichtsfachs „Tun, Forschen, Gründen“

des Masterstudiengangs Digital Media Production, konnten unterschiedliche Projekte gewählt werden. Dem zu Folge wurden erste Forschungsideen für Sounds für den SC2 bilateral ausgetauscht und ein erstes Soundpack erstellt (Acosta, 2023).

Die Relevanz dieser Arbeit besteht darin, dass durch die Bewertung der UI Sounds eine Entwicklung von geeigneten UI Sounds für den Smart Companion 2 ermöglicht wird. Die Rückmeldungen der Testuser\*innen sind entscheidend, um sicherzustellen, dass die auditiven Signale sowohl angenehm als auch verständlich sind und in Synergie mit der Sprachausgabe des SC2 stehen. Des Weiteren tragen diese Rückmeldungen dazu bei, den SC2 den täglichen Bedürfnissen und Präferenzen der Testuser\*innen entsprechend zu gestalten und so Akzeptanz der Nutzung des SC2 weiterhin zu erforschen und ggf. zu erhöhen.

## 1.2 Forschungsfragen und Hypothesen

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der übergeordneten Fragestellung nach der klanglichen Gestaltung von UI Sounds des SC2 Prototyps im Zusammenhang mit der bereits definierten Zielgruppe von Menschen im dritten Lebensalter. Dies stets im Kontext von vier festgelegten Szenarien des SC2, welche durch das SC2 Projekt Team definiert wurden. Die Abkürzungen W1, A2, W3 und S4 dienen der späteren Übersichtlichkeit im Ergebnisteil und sind, wie auch die Grafiken der vier Szenarien, in 3.1 aufgeführt.

**F1 (= Forschungsfrage 1):** Wie müssen User Interface Sounds für den SC2 Prototypen bei Menschen ab dem dritten Lebensalter (zw. 60 – ca. 85 Lebensjahren) klingen, damit sie über die jeweiligen SC2 Inhalte der Szenarien informiert werden?

- **H1 (= Hypothese 1):** UI Sounds, die so ähnlich klingen, wie bereits bekannte und erlernte UI Sounds aus dem jeweiligen Alltag und Haushalt der Proband\*innen werden von mehr als der Hälfte der Proband\*innen dem jeweiligen SC2 Szenario korrekt zugeordnet im Vergleich zu noch unbekannten, nicht erlernten UI Sounds.

**F1.2:** Werden die vorliegenden Sounds den jeweiligen Szenarien (1 - 4) des SC2 richtig zugeordnet?

- **H1.2:** Wenn glockige UI Sounds aus dem Glockensoundpack abgefragt werden, dann erfahren jene die meiste Zustimmung und die wenigste Ablehnung im Vergleich zu den anderen Soundpacks, gemessen am Fakt,

dass mehr als die Hälfte der Teilnehmenden die abgespielten UI Sounds den dafür vorgesehenen Szenarien korrekt zuordnen.

H1.2 basiert auf Erfahrungswissen aus der Zeit als Sounddesigner in einer Soundagentur, die u.a. für große Automobilunternehmen Sounddesignlösungen für das jeweilige Mediencenter anbietet. Die Hypothese zielt konkret auf die Soundpacks „BELLS“, „ALARM“ und „BEEPS“. Jene werden vom Großteil der österreichischen und deutschen Bevölkerung wiedererkannt. Das bedeutet, die in den Packs enthaltenen Klänge wurden in anderen Szenarien und / oder Kontexten der Testuser\*innen wahrgenommen und ggf. sogar (bewusst oder unbewusst) verinnerlicht.

**F1.3:** Welche Zusammenhänge lassen sich zwischen Geschlecht, Lebensalter und dem Antwortverhalten beschreiben?

- **H1.3:** Es gibt einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Lebensalter der Testuser\*innen und der Fähigkeit, UI Sounds den entsprechenden SC2 Szenarien zuzuordnen. 70 Lebensjahre alte oder gar ältere Testuser\*innen könnten Schwierigkeiten haben, neuartige oder komplexe Sounds zuzuordnen, im Vergleich zu 60 bis 69-Jährigen innerhalb der definierten Altersgruppe.
- **H1.3.2:** Das Geschlecht der Proband\*innen hat keinen signifikanten Einfluss auf die Zuordnung von UI Sounds zu SC2 Szenarien. Die Fähigkeit, Sounds zuzuordnen, ist eher von individuellen Erfahrungen und Vorlieben abhängig als von geschlechtsspezifischen Unterschieden.

**F2:** Welche Variante - *Dialoge mit oder ohne UI Sounds* - bewerten Testuser\*innen als geeigneter zur Vermittlung des Inhalts des zweiten und wichtigsten Szenarios (Person liegt auf dem Boden und reagiert nicht auf die Fragen des SC2)?

- **H2:** Es ist wahrscheinlich, dass ein zusätzlicher UI Sound zu höherem Verständnis beitragen kann.

**F2.2:** Welche Gründe führen Testuser\*innen hierfür an?

## 1.3 Vorgehensweise und Zielsetzung

In einem ersten Schritt wird die wissenschaftliche Literatur zum aktuellen Forschungsstand bezüglich UI Sounds und Menschen im dritten Lebensalter recherchiert. Dies dient der Ableitung spezifischer Anforderungen an das Sounddesign der UI Sounds. Parallel dazu werden erste Versuche unternommen, Sounds entsprechend ihrer Funktionen und Eigenschaften zu gruppieren. In Bezug auf die Zielgruppe der 60- bis 85-Jährigen wird zusätzlich ermittelt, welche Klangeigenschaften und -typen von dieser Altersgruppe besonders gut wahrgenommen und erkannt werden können.

In einem zweiten Schritt wird ein moderierter User\*innentest vorbereitet, der sowohl qualitative als auch quantitative Forschungselemente beinhaltet. Dazu werden Tonbandaufnahmen und ein digitaler Fragebogen zur Datenerhebung verwendet. Diese Datenerhebungsstrategien werden im Rahmen eines Mixed-Methods-Forschungsdesigns, mit einem Fokus auf Triangulationsdesign (Tashakkori & Teddlie, 2003, S. 671–702), integriert.

Die gewonnenen Daten werden im Ergebnisteil der Arbeit ausgewertet und im Diskussionsteil interpretiert, um ein umfassendes Verständnis für die Gestaltung von UI Sounds im Kontext der Szenarios des SC2 zu gewinnen.

Die vorliegende Arbeit verfolgt das sounddesigntechnische Ziel, die Gestaltung von UI Sounds für eine effektive Mensch-Maschine-Interaktion im Kontext des SC2 zu untersuchen und zu evaluieren. Dies geschieht auf Hintergrund der Ziele des SC2-Projektteams.

Die übergeordneten Ziele des SC2-Projektteams sind u.a. die individuelle Autonomie von Menschen mit einem erhöhtem Sturzrisiko (i.d.R. ab 65 Jahren) im privaten Haushalt zu fördern bzw. zu erhalten. Um dies zu gewährleisten, nennt das SC2-Projektteam folgende zentrale Aspekte in ihrem Vorhaben:

1. Aktive Notrufmechanismen, durch welche die Testuser\*innen autonom um Hilfe rufen können.
2. Adaptives Verhalten des Systems in außergewöhnlichen Situationen, wobei der SC2 im Falle von nicht erfolgten Benutzerreaktionen autonom Notrufe initiieren kann.
3. Präventive Funktionen, die dazu dienen, Testuser\*innen vor potenziellen Sturzrisiken zu warnen (Fachhochschule St. Pölten GmbH, 2022b).

Wie sollten UI Sounds für die Zielgruppe klingen, dass sie informiert, gewarnt oder ggf. auch der Nachbarhaushalt etwas mitbekommt und so im schwerst anzunehmenden Unfall, nämlich der mangelnden Reaktion der einer/s User\*in

durch bspw. Bewusstlosigkeit oder gar eines Apoplex, die Rettung durch den SC2 verständigt wird. Der SC2 kann außerdem potenzielle Sturzrisiken erkennen und User\*innen darüber in Kenntnis setzen.

## 1.4 Aufbau der Thesis

Die Struktur der vorliegenden Masterarbeit ist wie folgt konzipiert:

- Kapitel 1 begründet die Einleitung, in der die Problemstellung sowie die Motivation für die vorliegende Forschungsarbeit erörtert werden. Hierin werden ebenfalls die Forschungsfragen, Hypothesen und Ziele verdeutlicht sowie die methodologische Herangehensweise skizziert.
- Kapitel 2 dient der theoretischen Fundierung und erläutert die Schlüsselbegriffe, die im Kontext dieser Masterarbeit relevant sind. Es umfasst die Definitionen und Messkriterien von UI Sounds, die Charakterisierung des dritten Lebensalters und die Grundlagen der Mensch-Maschine-Interaktion sowie die Konzeption von Soundpacks. Zusätzlich werden technologische Aspekte, einschließlich virtueller Sprachassistenten und neuronaler Stimmen, erörtert. Des Weiteren werden in Vorbereitung auf die empirische Untersuchung relevante Methoden besprochen.
- Kapitel 3 fokussiert sich auf die Anforderungsanalyse für die Produktion der UI Sounds. Es berücksichtigt die spezifischen Szenarien des SC-Projekts sowie weitere Bedarfe, die im Kontext der Zielgruppe und deren altersbedingten Hörvermögen relevant sind. Ebenso werden die methodischen Ansätze vorgestellt, die für die Erreichung der in Kapitel 1.4 formulierten Vorhaben implementiert werden.
- Kapitel 4 präsentiert die gewonnenen empirischen Ergebnisse und beinhaltet sowohl die Durchführung als auch die Auswertung der explorativen Forschung, einschließlich der eingesetzten Fragebögen. Die Vorgehensweisen der Evaluation
- Kapitel 5 beschreibt die resultierenden Daten, welche in Kapitel 4 beschrieben wurden sind.
- Kapitel 6 schließt die Arbeit mit einer abschließenden Diskussion und eines Fazits ab. Die zentralen Ergebnisse werden gesamt interpretiert, während gleichzeitig Limitationen und Implikationen für zukünftige Forschungen erörtert werden.

## 2 Forschungsstand

Im vorliegenden Kapitel wird ein Überblick über den Forschungsstand im Bereich der UI Sounds für den SC2 angeführt. Ziel ist es, ein fundiertes Verständnis der Thematik zu gewährleisten und gleichzeitig die wissenschaftlichen Grundlagen für die weitere Erforschung dieser Arbeit zu legen. In diesem Zusammenhang werden neben der Betrachtung von Normen auch Begriffe definiert. Die elementaren Prinzipien der auditiven Wahrnehmung und der Psychoakustik werden in den folgenden Kapiteln bei Bedarf hinzugezogen und nicht extra aufgeführt, da jene im Bachelor Medientechnik behandelt und dementsprechend vorausgesetzt werden.

Gleichwohl dient dieses Kapitel der Identifikation von bestehenden Forschungslücken im Themenbereich dieser Arbeit, die aufgedeckt werden sollen. Kapitel 2 bildet somit eine erst Grundlage für den geplanten explorativen moderierten User\*innentest und die Produktion der dafür benötigten Stimuli.

### Erste Erkenntnisse

Die wissenschaftliche Literatur im spezifischen Kontext von UI Sounds im Produkt-Sounddesign für smarte Produkte, die im Alltag Menschen zwischen 60 und 85 Lebensjahren unterstützen, ist limitiert. Der Forschungsstand beginnt im Wesentlichen im Jahr 1986, als Paterson et al. Alarmtöne für medizinische Geräte in Intensivpflegebereichen und Operationssälen erstellten. Hierbei wurden die Klänge unterschiedlicher Gerätschaften, die im intensivmedizinischen Kontext Einsatz finden, untersucht. Das erste Demonstrationsset enthielt sieben Paare von Notfall- und Warntönen, die die Kategorien Allgemeines, Sauerstoffversorgung, Beatmung, Herz-Kreislauf-System, künstliche Perfusion, Medikamentenverabreichung und Körpertemperatur abdecken (Paterson et al., 1986).

Der spezifische Kontext dieser Arbeit ist jedoch bislang wenig empirisch erforscht, und es lassen sich keine unmittelbar einschlägigen Studien oder Fachartikel identifizieren. Eine Erörterung der allgemeinen Grundlagen von „Auditory Displays“ (Kramer et al., 1994) wird daher als notwendiges Fundament angesehen. Diese Analyse könnte dazu beitragen, potenzielle Anwendungsgebiete für UI Sounds im Kontext der Forschungsfragen in Kapitel 1.2 zu identifizieren und zu charakterisieren, wie auch bewährte Verfahren in diesem Bereich zu erkennen. Durch die Verbindung dieser multidisziplinären Ansätze kann ein Fundament für das Verständnis der besonderen Anforderungen an UI

Sounds geschaffen werden, die für die User\*innen Experience des SC2 einen Mehrwert bieten können.

### **Normen und Standards im Bereich der auditiven Interaktion**

Der Fokus wird in diesem Abschnitt auf die existierenden und geltenden Normen und Standards im Bereich der auditiven Interaktion gelegt. Diese Normen werden im Kontext des User Interface Designs bei einem Forschungsprojekt wie dem SC2 lediglich gestreift, da der SC2 nicht explizit in die Anwendungsbereiche der Normen fällt. Obwohl also die Relevanz dieser Normen und Standards im vorliegenden Forschungskontext zunächst als eher niedrig eingestuft wird, bietet ihre Betrachtung einen essenziellen Mehrwert für die explorative Untersuchung des Themenfeldes.

Einerseits ist hier die Norm „Medizinische elektrische Geräte - Teil 1-8“ (Austrian Standards International, 2006) zu nennen, die jedoch hinsichtlich der Anforderungen mehr auf den klinischen und intensivmedizinischen auditiven Kontext geht. In der vorliegenden Arbeit werden mit dem SC2 Prototypen keine „Kombination von einzelnen Geräten, wie vom HERSTELLER festgelegt, von denen mindestens eines ein ME-GERÄT (= medizinisch elektrische (ME) Geräte und Systeme aus ME-Geräten) sein muss und die durch eine FUNKTIONSVERBINDUNG oder durch den Gebrauch einer MEHRFACH-STECKDOSE zusammengeschlossen sind“ im Sinne der IEC 60601-1-8:2006 Norm (Austrian Standards International, 2006) betrachtet. Infolgedessen ist der SC2 nicht von dieser Norm betroffen, da es sich hierbei noch um kein markreifes Produkt, sondern einen Prototypen in der zweiten Iteration handelt, wenngleich sie inhaltlich medizinische elektrische Geräte und Systeme und deren Alarmsignale und Informationssignale behandelt und Vorgaben macht (Austrian Standards International, 2006).

Einen spezifischen Bezugspunkt bildet hier eine andere Norm, die sich mit der "Ergonomie der Mensch-System-Interaktion Teil 126: Empfehlungen zur auditiven Informationsdarstellung“ (Austrian Standards International ONR CEN ISO/TS 9241-126:2022 09 15, 2022) beschäftigt. Diese Norm liefert erste periphere Einblicke für die auditive Darstellung von Informationen, die über eine Software ungeachtet des Geräts gesteuert wird (S. 8). Es ist von Bedeutung, dass das besagte Normendokument nicht für die sicherheitstechnische Anwendung akustischer Signale wie Alarmsignale oder Warnmeldungen konzipiert ist (Austrian Standards International ONR CEN ISO/TS 9241-126:2022 09 15, 2022). Ebenso wenig berücksichtigt es hardwaretechnische Aspekte bezüglich der Übertragung und Generierung auditiver Informationen (Austrian Standards International ONR CEN ISO/TS 9241-126:2022 09 15, 2022). Dennoch werden in Kapitel 3 dieser

Arbeit spezifische Anforderungen an Warn- und Alarmsignale diskutiert. Der Grund dafür ist, dass das SC2-Gerät in vier unterschiedlichen Szenarien eingesetzt werden soll, von denen zwei in dringlichen und wichtigen (Not-)Situationen auftreten. Die entsprechenden akustischen Anforderungen werden daher primär auf explorative Weise und basierend auf fundiertem Wissen im Bereich des Sounddesigns definiert und umgesetzt.

Selbst wenn die zweite Norm primär nicht für den Kontext dieser Arbeit konzipiert wurde, bietet sie dennoch Einsichten, insbesondere in Bezug auf die Organisation von Klangstrukturen. In Abschnitt 9.2 der Norm (Austrian Standards International ONR CEN ISO/TS 9241-126:2022 09 15, 2022, S. 23) wird explizit erörtert, dass bei der Verwendung einer Vielzahl von Klängen zur Repräsentation eines umfangreichen Informationskontinuums die Etablierung einer Klanggrammatik ratsam ist. Diese soll dazu dienen, die Klänge innerhalb einer semantischen und syntaktischen Hierarchie zu arrangieren. Beispielsweise könnte für eine spezifische Informationskategorie ein individueller oder genereller Rhythmus als Orientierung dienen. Zur weiteren Differenzierung innerhalb dieser Kategorie könnten Modifikationen des etablierten Rhythmus oder der Einsatz unterschiedlicher Melodien in Erwägung gezogen werden (Austrian Standards International ONR CEN ISO/TS 9241-126:2022 09 15, 2022, S. 23).

## 2.1 Begriffsdefinitionen

### Das dritte Lebensalter

Das SC2-Projekt definiert die Zielgruppe mit Personen mit erhöhter Sturzwahrscheinlichkeit, was statistisch ab dem 65. Lebensjahr einmal pro Jahr eintritt (Jakl, 2021). In dieser Arbeit wurde sich bewusst für den soziologischen Begriff des dritten Lebensalters entschieden. Einerseits, um zu einer höheren Stichprobe zu gelangen, die in Kapitel 3.2.1 näher charakterisiert wird, andererseits, weil es nicht um eine konkrete Altersspanne bei dieser Arbeit geht, sondern um Menschen unterschiedlichen Lebensalter, die bspw. durch individuelle Umstände als sturzgefährdet eingestuft werden können. Kruse (2017) grenzt das dritte Lebensalter mit dem hohen Alter ab. Hier ist das hohe Alter, oder das "vierte Lebensalter," eine Phase, die grundsätzlich im neunten Lebensjahrzehnt startet. Allerdings sind pauschale Aussagen über den genauen Beginn dieser Lebensphase problematisch, weil die Entwicklungsverläufe im Alter erheblich variieren. Kruse weist hierbei auf die Komplexität hin, die in den verschiedenen Entwicklungsdimensionen - körperlich, emotional, kognitiv und sozialkommunikativ - beim Altern zu beobachten ist. Obwohl in der gerontologischen Literatur häufig das 85. Lebensjahr als Ausgangspunkt für das "vierte Alter" angegeben wird, sind

diese Einschätzungen nur Annäherungen, da Individuen unterschiedlich altern. Da auch die Übergänge zwischen dem dritten und dem vierten Lebensalter fließend sind und von individuellen Entwicklungsunterschieden geprägt sind, sollten strikte altersbasierte Abgrenzungen mit Vorsicht behandelt werden (2017, S. 1–2).

Das Konzept des "dritten Lebensalters" wird in der vorliegenden Arbeit zwischen dem 60. und 85. Lebensjahr ausgelegt, um die Stichprobe dennoch etwas nach unten erweitern zu können (nicht erst Menschen ab 65 Lebensjahren).

### **Auditory Displays, Sonification, Audification, Earcons**

Die Entwicklung auditiver Displays stellt grundsätzlich eine Forschungsrichtung im Bereich der auditiven MMI dar und bedient sich des Weiteren auch noch aus diversen Disziplinen wie den Human Factors (= HF) oder der Ergonomie, Arbeitswissenschaft (Austrian Standards International ÖNORM EN ISO 9241-210:2020, 2020, S. 8).

Ein Auditory Display (= AD) stellt eine Methode dar, bei der Klang als Medium zur Übermittlung von Informationen von einem Computer an den Nutzer verwendet wird (Mcgookin & Brewster, 2004, S. 131–132). Die zentrale Plattform für Forschungsaktivitäten auf diesem Gebiet ist die Internationale Gemeinschaft für Auditive Displays (= ICAD), die im Jahr 1992 von Gregory Kramer ins Leben gerufen wurde, um einen Diskursraum für diesen Forschungszweig zu bieten (ICAD, 2022). Auditive Displays finden nicht nur Anwendung bspw. bei blinden User\*innen durch den Einsatz von Bildschirmleseprogrammen Verwendung, sondern auch bei sehenden User\*innen, die ihre visuelle Aufmerksamkeit für andere Aufgaben benötigen und dies in unterschiedlichsten Anwendungsbereichen, wie bspw. im Straßenverkehr oder im Gesundheitswesen insb. in Operationssälen (Johannsen, 2004, S. 742).

Auditory Displays können in verschiedene Unterkategorien differenziert werden, die jeweils spezifische Techniken der Informationsübertragung verwenden. Erstens gibt es die Audification (Kramer et al., 1999), die eine unmittelbare Zuordnung von Zeitreihendaten zu Schalldruckpegeln ermöglicht. Zweitens kann durch Sonifikation (Kramer et al., 1999) eine akustische Darstellung von ansonsten visuellen Daten erzeugt werden. Drittens verwenden Earcons kurze, charakteristische Klänge, die bestimmten Ereignissen oder Zuständen zugeordnet sind (Kramer et al., 1999).

Neben diesen spezialisierten Auditory Displays existieren User Interface Sounds, die in der Mensch-Computer-Interaktion weit verbreitet sind und in mehrere Kategorien eingeordnet werden können. Bestätigungstöne signalisieren erfolgreiche Aktionen, während Fehler- oder Warnungstöne bei fehlerhaften

Aktionen oder Systemwarnungen ertönen. Navigations- oder Interaktionstöne, Hintergrundmusik und Sprachausgabe runden das Spektrum der auditiven Interaktion ab.

Eine besondere Form von User Interface Sounds sind Earcons und Auditory Icons. Während Earcons als synthetisierte, abstrakte Klänge verstanden werden können, die spezifische Bedeutungen haben, basieren Auditory Icons auf natürlichen, alltagsrelevanten Klängen. Zum Beispiel könnte das Geräusch eines Druckers, das beim Aktivieren der Druckfunktion in einer Textverarbeitungssoftware ertönt, als ein Auditory Icon klassifiziert werden. Ein charakteristischer Ton, der beim Eingang einer neuen Nachricht in einer Messaging-App ertönt, wäre hingegen ein Beispiel für einen Earcon. Beide Typen von auditiven Symbolen spielen eine zentrale Rolle in der Gestaltung von Benutzeroberflächen und der Interaktion zwischen Benutzer und Computer. In der vorliegenden Arbeit wurde sich auf die Begrifflichkeit der UI Sounds verständigt, was in diesem Kontext am Ehesten einem Earcon nahekommt.

Ethische und soziale Aspekte sind ebenfalls von Bedeutung, insbesondere im Kontext der Zugänglichkeit für Menschen im dritten Lebensalter. Da das Hören eine der Sinnesmodalitäten ist, die im Alter nachlassen können, eröffnet die bewusste Gestaltung von Auditory Displays Potenziale für inklusive Technologien.

### **Wahrnehmung, Gruppierung und Differenzierung von Klang**

Laut John G. Neuhoff (2011) erscheint die auditive Wahrnehmung auf den ersten Blick einfach, doch verbirgt sie einen komplexen Prozess, der akustische Wellen in Bedeutung und Handlungen transformiert (S. 81). Dazu können grundlegende akustische Dimensionen wie Tonhöhe, Lautstärke und Klangfarbe verwendet werden, um unterschiedliche Aspekte multidimensionaler Daten zu repräsentieren (S. 81).

Carlile (2011) beleuchtet die Komplexität der auditiven Szenenanalyse, die es uns ermöglicht, einzelne Schallereignisse in komplexen akustischen Umgebungen zu differenzieren. Dieser Prozess des Herausfiltersn spezifischer Schallereignisse aus einem vielstimmigen Hintergrund, oft als das "Cocktail-Party-Effekt" bezeichnet, beruht auf einer Reihe von angeborenen und erlernten Mechanismen. Carlile diskutiert die "Gruppierungsmerkmale", auf die unser Hörsystem zurückgreift, um solche Trennungen durchzuführen, und zwar, dass zwei exakt synchron abgespielte Töne von Menschen als ein Ton wahrgenommen werden kann. Diese Merkmale sind zum Teil auf den Grundlagen der Gestaltpsychologie und den physischen Eigenschaften der Klänge selbst aufgebaut. Das Hörsystem nutzt beispielsweise die zeitliche Synchronizität der spektralen Komponenten eines Klangs als Kriterium für dessen Gruppierung (S. 41).

## 2 Forschungsstand - Begriffsdefinitionen

Die Kenntnis der komplexen Mechanismen, die unser Hörsystem für die auditive Szenenanalyse nutzt, einschließlich der "Gruppierungsmerkmale" im Sinne von Carlile, ermöglicht ein informierendes, warnendes und auf die vier Szenarien zugeschnittenes UI Sounddesign, was sowohl die Usability als auch die Akzeptanz solcher Systeme erhöhen könnte.

# 3 Anforderungen & Methoden

In diesem Kapitel wird auf die Anforderungen und die methodische Vorgehensweise eingegangen, um die in Kapitel 1 bereits beschriebenen Forschungsfragen und -hypothesen beantworten zu können.

## 3.1 Anforderungen

### 3.1.1 Technische Anforderungen

Im Rahmen des dritten Kapitels dieser Arbeit fokussieren wir uns auf die Anforderungen und methodischen Vorgehensweisen, die notwendig sind, um die in Kapitel 1 formulierten Forschungsfragen und -hypothesen zu beantworten.

Beginnend mit den technischen Anforderungen zeigt sich die Notwendigkeit, mehrere Stimuli für jeweils vier unterschiedliche Szenarien zu entwickeln. Die Klangeigenschaften der User Interface (= UI) Sounds müssen dabei so ausgewählt werden, dass eine Wiedergabe auf dem Echo Dot bei bestmöglicher Audioqualität möglich ist. Dies umfasst spezifische Vorgaben wie eine maximale Bitrate von 1411,20 kbps, eine Abtastrate von höchstens 48 kHz und eine begrenzte Dateigröße, die 10 MB nicht überschreiten darf. Sollte eine dieser Grenzen erreicht oder überschritten werden, ist eine nachträgliche Anpassung durch Verkürzung oder Formatkonvertierung erforderlich (Amazon, 2021).

Ein weiteres Augenmerk liegt auf der Lautheitsregulierung. Im Kontext von Alexa-Skills ist die Messung der Lautheit in Loudness Units relative to Full Scale (= LUFS) ein entscheidender Faktor (Amazon, 2022). Konkret sollte die durchschnittliche Programmlautheit bei -14 dB LUFS/LKFS liegen, während der True-Peak-Wert -2 dBFS nicht überschreiten darf (Amazon, 2021). Die Lautheit kann in einer Digital Audio Workstation (= DAW) mittels spezieller LUFS-Meter gemessen und angepasst werden (siehe Kapitel 3.2.1 Abbildung 7). In den Anforderungen von „Amazon Alexa“ wird ein LUFS-Bereich von -19 dB LUFS bis -9 dB LUFS akzeptiert, wobei Überschreitungen der True-Peak-Richtlinien ebenfalls nicht zulässig sind. Eine Nichtbeachtung dieser Parameter kann zu einer Ablehnung des jeweiligen Alexa-Skills führen (Amazon, 2021).

Auch die von YouTube empfohlenen Upload-Kodierungseinstellungen für Audioinhalte sind zu beachten, insbesondere der Einsatz des AAC-Codecs (Google, 2023a). Für Mono-Wiedergabe wird eine Bitrate von 128 kbps bei einer

Abtastrate von 48 oder 96 kHz empfohlen, während für Stereo-Wiedergabe eine Bitrate von 384 kbps vorgesehen ist (Google, 2023b).

Darüber hinaus müssen Aspekte der Hörbeeinträchtigung bei der Erstellung des UI Sounddesigns berücksichtigt werden, um eine inklusive User Experience zu gewährleisten und einer Vergleichbarkeit der zu erhebenden Daten sicherzustellen. In diesem Kontext sind auch die Spezifikationen des Lautsprechers (= LS) relevant, über den die auditiven Stimuli präsentiert werden.

### **3.1.2 Anforderungen an das Sounddesign**

In diesem Abschnitt werden Anforderungen an das Sounddesign gestellt. Dabei wird zunächst stets der Inhalt des jeweiligen Szenarios erklärt und anschließend sounddesigntechnische und klangkünstlerische Maßnahmen geschildert, um sodann konkrete Maßnahmen abzuleiten, die es bei der Produktion der UI Sounds zu berücksichtigen gibt. Die UI Sounds sollen grundsätzlich die Zielgruppe über das jeweilige Szenario des SC2 informieren und unterschiedliche Maße an Dringlichkeit und Wichtigkeit vermitteln. Dies sind zunächst einmal die wichtigsten Anforderungen an das Sounddesign. Darüber hinaus sollen die UI Sounds der dringlichsten und wichtigsten Szenarien zwei und eins nicht nur die/den User\*in warnen und informieren, sondern auch Dritte. Das können weitere im selben Haushalt der Zielgruppe lebende Personen sein oder bspw. die umliegende Nachbarschaft oder Fußgänger\*innen. Für einen visuellen Überblick sorgen die nachstehenden vier Grafiken des SC2-Projektteams (Jakl, 2021, S. 4–6) wobei diese während der Entstehungsphase der vorliegenden Arbeit mit der Erstbetreuung festgelegt wurden. Die Bezeichnungen W1, A2, W3 und S4 setzen sich dabei aus dem Anfangsbuchstaben des Inhalts und der Nummerierung der vier Szenarien zusammen. Des Weiteren ist hervorzuheben, dass mehrere Soundpacks erstellt werden sollen, die jeweils einen UI Sound zu W1, A2, W3 und S4 beinhalten. Der Soundpack sollte klanglich in sich ähnlich klingen, d.h. es soll nicht eine Glocke bei W1 erklingen und dann bei A2 ein Synthesizer-Klang. Die produzierten Stimuli finden sich in Tabelle 1 wieder.

### 3.1.2.1 Anforderungen Sounddesign W1

#### Abbildung 2

Szenario W1: aktiver Notruf (= Nutzer\*in ruft um Hilfe)



**Beschreibung W1:** Das erste Szenario beinhaltet: „**aktiver Notruf (= Nutzer\*in ruft um Hilfe)**“ (FFG, 2023, S. 1) Die/der User\*in wird sodann vom SC2 bspw. auf dem Boden sitzend oder liegend registriert. Die/der User\*in reagiert auf die SC2 Dialoge bzw. kann aktiv nach dem SC2 um Unterstützung rufen (siehe Abbildung 2).

**Anforderungen W1:** Im Kontext des Szenarios W1, das als eines der dringlicheren Szenarien innerhalb des SC2 Projektteams klassifiziert wurde, sind spezifische Anforderungen an das Sounddesign zu berücksichtigen. Ziel ist die Schaffung eines akustischen Signals, das sowohl Alarmbereitschaft induziert als auch von der Dringlichkeit noch moderat genug ist, um nicht zusätzliche Panik zu verursachen, da die/der User\*in aktiv nach Hilfe gerufen hat. Zusätzlich sollte der Klang die Fähigkeit besitzen, auch andere Personen im Haushalt zu alarmieren und gegebenenfalls zur Situation hinzuzuziehen.

### 3.1.2.2 Anforderungen Sounddesign A2

#### Abbildung 3

Szenario A2: Reaktion auf plötzliche Beeinträchtigung



**Beschreibung A2:** Im Unterschied zu W1 geht es bei A2 darum, dass der SC2 eine mögliche **Reaktion auf plötzliche Beeinträchtigung** registriert, wobei die/der User\*in nicht reagiert und der SC2 den Notfall jedoch autonom erkennt (FFG, 2023, S. 1). Die/der User\*in wird dementsprechend vom SC2 auf dem Boden sitzend / liegend registriert und reagiert nicht auf die SC2 Dialoge, weshalb der SC2 nach einer gewissen Zeitdauer des Nicht-Reagierens der/s User\*in im Ernstfall einen Notruf absetzen kann (siehe Abbildung 3).

**Anforderungen A2:** Im Rahmen des Szenarios A2 unterscheidet sich die akustische Gestaltung von jener des Szenarios W1 basierend auf dem Fakt, dass die/der User\*in nicht auf den Dialog des SC2 reagiert. Dadurch soll beim Sounddesign die Ernsthaftigkeit der Situation berücksichtigt werden. Die primäre Anforderung an das akustische Design besteht darin, eine Tonlage und Intensität zu wählen, die als klares und unmissverständliches Signal für einen möglichen Notfall fungiert. Da die/der User\*in in diesem Szenario nicht auf Dialoge reagiert, sollte das akustische Signal gestaltet sein, um nach einer definierten Zeitdauer des Nicht-Reagierens als Vorwarnung für einen potenziellen automatischen Notruf zu dienen. Dies erfordert eine akustische Charakteristik, die auf höchste Dringlichkeit und mögliche Gefahr hinweist, ohne Rücksicht auf den Stresslevel in der Situation, da Gefahr für Leib und Leben im Verzug sein könnte.

Zusätzlich sollten Klangcharakteristika wie die Tonhöhe, die Lautstärke und die Klangfarbe, wie Neuhoff (2011) es aufführt (siehe Kapitel 2.1) in einer Weise

kalibriert werden, die maximale Aufmerksamkeit generiert. Es könnte dringender werden, in dem man den W1 UI Sound (aus demselben Soundpack) nutzt und in der Tonhöhe ein paar Halbtöne nach oben pitcht und zusätzlich mit Obertönen anreichert, sodass der Klang psychoakustisch lauter wahrgenommen wird da die eigentliche Lautstärke grundsätzlich zunächst einmal nicht verändert wird, um eine Vergleichbarkeit der Stimuli zu gewährleisten.

### 3.1.2.3 Anforderungen Sounddesign W3

#### Abbildung 4

##### Szenario W3: Sturzvermeidung



**Beschreibung W3:** Bei diesem Szenario geht es um eine mögliche „**Sturzvermeidung (= Nutzer\*in vor potenziellen Hindernissen warnen)**“ (FFG, 2023, S. 1). Der SC2 hat eine mögliche Sturzgefahr entdeckt und sucht die/den User\*in auf, um davor zu warnen (siehe Abbildung 4).

**Anforderungen W3:** Trotz einer moderaten Dringlichkeit des Warnsignals sollten die UI Sounds beruhigende Elemente beinhalten, um Panik zu vermeiden, weil es weniger dringend ist als W1 oder gar A2. Hier könnte durch eine Tiefpassfilterung die Klangfarbe etwas dunkler gestaltet werden, sodass weniger hohe schrille Töne die im Haushalt lebenden User\*innen verunsichert oder verärgert werden, sodass die Akzeptanz des SC2 leiden würde. Auch die Verwendung von harmonischen Elementen könnte eine Rolle spielen.

### 3.1.2.4 Anforderungen Sounddesign S4

#### Abbildung 5

Szenario S4: findet User\*in im Raum nicht und sucht weiter



**Beschreibung S4:** Die/der User\*in wurde in einem Raum nicht gefunden – es wird im nächsten Raum weitergesucht. Dies ist ein zusätzliches Szenario, welches mit der Erstbetreuung dieser Arbeit vereinbart wurde (siehe Abbildung 5).

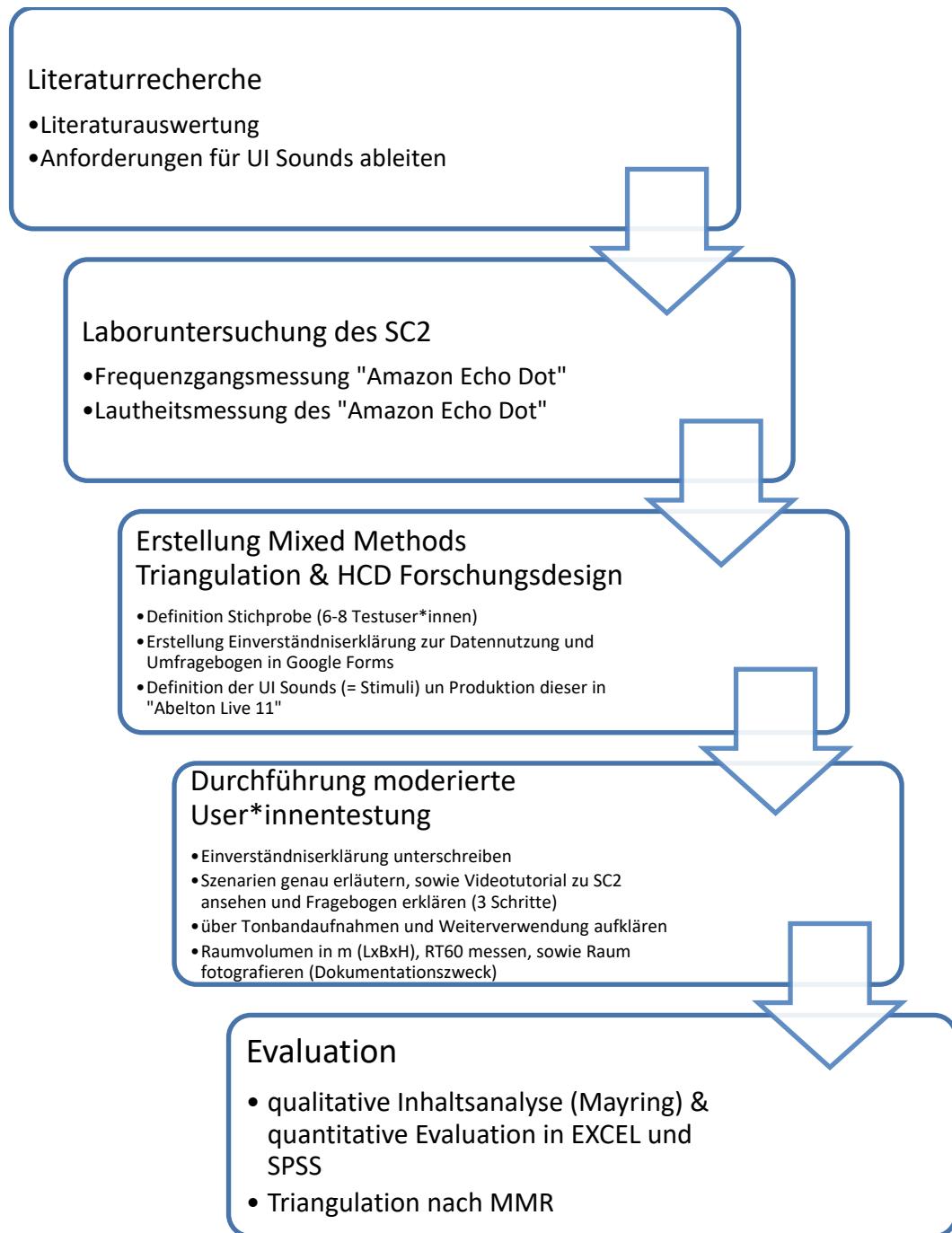
**Anforderungen S4:** Im Fall von S4, sollte ebenfalls der Einsatz eines wiederkehrenden klanggestalterischen Themas über alle Soundpacks hinweg bestehen, sodass hier eine mögliche Wiedererkennbarkeit geschaffen wird. Dies kann technisch mit Hilfe eines Echo-Effekts realisiert werden. Als Assoziation des Suchens könnte ein der Verlauf eines Sonar-Klang verwendet werden, der in Populärkultur und in Medienproduktionen oft als akustisches Signal für das Suchen oder Lokalisieren Verwendung findet. D.h. es muss nicht exakt wie ein Sonar klingen aber nach dem ersten direkten Klang, sollte es zwei- bis dreimal mit leiseren Wiederholungen nachklingen.

## 3.2 Methoden

In diesem Kapitel finden sich alle verwendeten Methoden und Techniken wieder. Abbildung 6 gibt einen ersten Überblick über die Methoden, Techniken und Maßnahmen, welche anschließend detailliert beschrieben werden.

**Abbildung 6**

*Überblick über das methodische Vorgehen*



*Anmerkung.* Eigene Darstellung.

Im Allgemeinen wurde sich für ein Human-Centred design (= HCD) entschieden, um vorrangig die Erfahrungen und Bedürfnisse der potentiellen User\*innen des SC2 in den Fokus nehmen zu können, und jene wiederum in den Entwicklungsprozess der SC2-Prototypen einbeziehen zu können (Austrian Standards International ÖNORM EN ISO 9241-210:2020, 2020, Kapitel 5.3).

Der HCD-Ansatz strebt danach, interaktive Systeme User\*innenfreundlich und funktional zu gestalten. Dabei liegt der Fokus auf den Benutzer\*innen selbst, ihren Bedürfnissen und ihren Anforderungen. Dieser Ansatz zielt in der vorliegenden Arbeit darauf ab, die Effektivität und Effizienz der Systeme zu steigern, die Zugänglichkeit und Nachhaltigkeit mittels Produkt Sounddesign zu verbessern, sowie das Wohlbefinden der User\*innen und ihre Zufriedenheit zu erhöhen. Gleichzeitig werden mögliche negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, Sicherheit und Leistung, die durch die Nutzung des Systems entstehen könnten, abgemildert (Austrian Standards International ÖNORM EN ISO 9241-210:2020, 2020, Kapitel Einleitung). Weiters gilt es zu erwähnen, dass sich ein HCD grundsätzlich in vier Aktivitäten einteilen lässt: Als Erstes wird versucht, die Bedürfnisse und den Kontext der Nutzung zu begreifen, es geht ergo um das „Verstehen und Beschreiben des Nutzungskontexts“ (Austrian Standards International ÖNORM EN ISO 9241-210:2020, 2020, S. 19). Dieser relevante Punkt erfolgte für diese Arbeit bereits durch Gespräche mit dem SC2-Projektteam, da hier bereits einen beachtlichen Wissensstand zurückgegriffen werden kann (Jakl, 2021). Dasselbe gilt auch für Anforderungsressourcen, welche die Nutzung des SC2 festlegen und im Projektteam durch Workshops mit Testuser\*innen in Erfahrung gebracht wurden. Drittens wird ein erster Lösungsentwurf kreiert, welcher im dritten Schritt evaluiert wird (Austrian Standards International ÖNORM EN ISO 9241-210:2020, 2020, S. 19). Dies ist ein iterativer Prozess, den es zu wiederholen gilt, was in Bezug auf die Iterationen dieser Arbeit zusätzlich im Diskussionsteil reflektiert wird.

Des Weiteren stützt sich die vorliegende Arbeit sowohl auf qualitative als auch quantitative Methoden, um die Forschungsfragen umfassend zu beantworten. Beide Datenarten werden gleichwertig betrachtet und verschiedene Ansätze zur Datenerhebung kommen zum Einsatz. Darunter fällt einerseits die Randomisierung der digitalen Fragebögen-Abschnitte, das Formulieren von Fragestellungen zum Ranking der UI Sounds durch die Testuser\*innen mit einem digitalen Umfragebogen und AB-Vergleiche. Anderseits erfolgen qualitative Auswertungen der Tonbandaufnahmen und der Kurzantworten aus dem digitalen Umfragebogen, um im Anschluss Muster in den unterschiedlichen Aussagen der User\*innen zu entdecken, zu interpretieren und zur quantitativen Evaluation heranziehen zu können. Bei der beschriebenen Evaluationsmethodik handelt sich

somit um ein Triangulationsdesign der Mixed-Methods-Forschung oder auch als Mixed Methods Research (= MMR) bekannt (Grecu & Völcker, 2018, S. 232).

Das Triangulationsdesign zeichnet sich durch die gleichzeitige Erhebung und der anschließenden Kombination von qualitativen und quantitativen Daten. Da sich beide Methoden der MMR auf dieselben Forschungsfragen beziehen, werden beide sodann auch gleichwertig gewichtet (Tashakkori & Teddlie, 2003, S. 671–702). Der moderierte User\*innentest wurde mit „Google Forms“ erstellt und besteht grundsätzlich aus drei Hauptabschnitten, welche jeweils aus drei Schritten bestehen und in Kapitel 4.1 detailliert erläutert werden. Anschließend wurde nach Zustimmung der User\*innen jeweils eine Sprachaufnahme in der „Sprachmemos“ App eines „Apple iPhone 13 Pro“ und eines „iPad Pro 2018“ gestartet. Falls die Aufnahme eines Geräts aus unterschiedlichen Gründen abbrechen sollte, ist durch die Redundanz sichergestellt, dass die Aussagen der User\*innen aufgezeichnet wurden.

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde eine Literaturrecherche zum Stand der Forschung und Entwicklung im Bereich UI Sounddesign im Healthcare Bereich und im Kontext der Zielgruppe durchgeführt. Die hierdurch gewonnenen Erkenntnisse zum Stand der Forschung, vor allem im Bereich Produkt-Sounddesign für Gesundheitsprodukte, dienen sodann der weiteren Erstellung des Forschungsdesigns und der unterschiedlichen Evaluationsmethoden. Darüber hinaus sollen durch die empirischen Erkenntnisse aus der Literaturrecherche erste Anforderungen an die UI Sounds für die Zielgruppe des SC2 abgeleitet und priorisiert werden, die eine inhaltvermittlende und effiziente MMI zwischen der Zielgruppe und dem SC2 ermöglichen sollen.

Auf der quantitativen Ebene wurde die Datenauswertung mithilfe von Microsoft EXCEL und IBM SPSS durchgeführt. Dies ermöglichte statistische Analysen, die eine Interpretation der Ergebnisse erlaubten.

Im qualitativen Bereich wurde ein mehrstufiges Analyseverfahren angewandt. Zunächst wurden die gesammelten Daten in WORD 365 mit dem Transkriptionsfeature transkribiert. Die Transkripte dienten als Grundlage für eine qualitative Inhaltsanalyse, bei der die Daten sowohl zusammengefasst als auch induktiv analysiert wurden. Diese Vorgehensweise bot einen tiefgehenden Einblick in die individuellen und kontextuellen Faktoren, die die Wahrnehmung und Interpretation der Stimuli beeinflussen könnten.

Zuletzt wurde ein Mixed-Methods-Triangulationsdesign angewendet, um die quantitativen und qualitativen Ergebnisse in einem umfassenden Analyseprozess zu integrieren. Dieses Design erlaubte es, die jeweiligen Stärken und Schwächen

der beiden Methodenansätze auszugleichen und eine robuste, multidimensionale Interpretation der Forschungsdaten zu erzielen.

### **3.2.1 Stichprobe**

Die Auswahlkriterien und der Umfang der Stichprobe wurde in enger Abstimmung mit Erst- und Zweitbetreuung vollzogen. Durch den HCD Forschungsansatz, wie auch dem Umstand der herausfordernden Akquise von Testuser\*innen im Digital Healthcare Bereich wurde sich auf eine Stichprobe von sechs bis acht User\*innen verständigt.

Das Hauptauswahlkriterium für die Stichprobe ist das jeweilige Lebensalter, damit es zur Beantwortung der Forschungsfragen beitragen kann. Es darf keine Taubheit oder starke Hörschwäche bei der Zielgruppe vorliegen, sodass eine Vergleichbarkeit der Daten gegeben ist. Jedoch wurde auf die Durchführung eines Audiogramms aus multifaktoriellen Gründen verzichtet, die sich ausführlich im Limitationsteil des Diskussionskapitels dieser Arbeit wiederfinden. Stattdessen wurde den User\*innen eine Frage zur Einschätzung ihres individuellen Hörvermögens gestellt, sodass zumindest eine erhebliche Hörbeeinträchtigung ausgeschlossen werden konnte (siehe Kapitel 4).

Im Rahmen des moderierten User\*innen-Tests wurde ein Raum innerhalb der akademischen Institution reserviert, um eine standardisierte und somit vergleichbare Abhörsituation zu gewährleisten. Diese Maßnahme wurde allerdings nur von einer Testperson in Anspruch genommen, da die übrigen Testuser\*innen eine Präferenz für Interviews in ihrem eigenen privaten Umfeld äußerten.

In diesem Raum war eine bessere Kontrolle der akustischen Variablen, wie unterschiedliche Raumvolumina, Böden, Wandmaterialien, Fenster, der damit unterschiedlichen Nachhallzeit und unterschiedlichen Abhörbedingungen vorgebeugt werden konnte möglich. Bei allen dezentralen User\*innentest wurden die unterschiedlichen Abhörbedingungen erfasst, damit eine Vergleichbarkeit der Daten gewährleistet werden kann. Innerhalb der Untersuchung wurden vier Testuser\*innen in Süddeutschland ohne den Roborock S5 interviewt. Wenngleich die ursprüngliche Absicht, Erkenntnisse über den kompletten SC2 Prototypen zu sammeln, vorherrschte, konzentrierte sich die User\*innenbefragung bei vier Testuser\*innen auf das für diese Arbeit relevantere Thema, nämlich den „Amazon Echo Dot“ Lautsprecher. Dies hat selbstverständlich den Vorteil, räumlich noch unabhängiger zu sein und so zu einer höheren Stichprobe zu gelangen, da bspw. manche Testuser\*innen im häuslichen Umfeld interviewt werden wollten oder ihren Wohnsitz nicht in der Nähe des reservierten Raums an der FH hatten. Dem entsprechend wurde das jeweilige Raumvolumen und die Nachhallzeit (= RT60)

des jeweiligen Raumes der Testung im Nachgang gemessen. So konnten im Rahmen des privaten und beruflichen Netzwerks Personen im Alter zwischen 60 und 80 Jahren gefunden und befragt werden.

### 3.2.2 Produktion Stimuli

Für den moderierten User\*innentest wurden insgesamt 5 Soundpacks erstellt, die jeweils 4 UI Sounds für die 4 zu analysierenden Szenarien enthalten. Für den Fragebogen wurden alle 20 UI Sounds kodifiziert (bspw. 1U3V, etc.), um den Testuser\*innen keine Hinweise durch die jeweiligen Dateinamen der UI Sounds auf den Klanginhalt, der Kategorie oder Szenario zu geben (siehe Tabelle 1).

**Tabelle 1**

*Übersicht UI Sounds, Szenarien und Soundpacks*

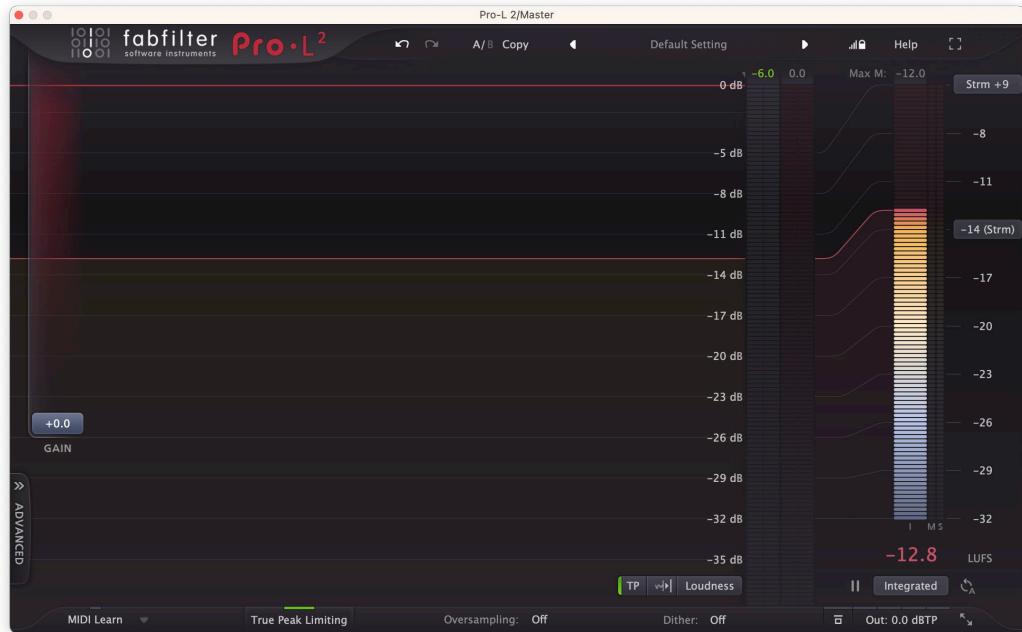
W1	A2	W3	S4	Soundpacks				
w1_tfg	3A5B	a2_tfg	5K7L	w3_tfg	1U3V	s4_tfg	8E0F	TFG
w1_beeps	7C9D	a2_beeps	2M4N	w3_beeps	9W1X	s4_beeps	6G8H	BEEPS
w1_synth	4E6F	a2_synth	8O0P	w3_synth	7Y9Z	s4_synth	3I5J	SYNTH
w1_alarm	1G3H	a2_alarm	6Q8R	w3_alarm	4A6B	s4_alarm	1K3L	ALARM
w1_bells	9I1J	a2_bells	3S5T	w3_bells	2C4D	s4_bells	9M1N	BELLS

*Anmerkung.* „w1\_tfg“ = Variablenname in SPSS; „3A5B“ = kodifizierter Name im moderierten User\*innentest.

Die Angleichung der wahrgenommenen Lautstärken der UI Sounds wurde auf etwa -12 LUFS integrated (= Loudness Units Relative to Full Scale) festgelegt und mit dem Audioplugin „FabFilter Pro-L 2“ (FabFilter Software Instruments, 2023a) erreicht (siehe Abbildung 7). Auf eben beschriebener Abbildung ist der LUFS-Wert von -12,8 integrated rechts unten zu erkennen, True Peak Limiting ist ebenfalls unten links erkennbar eingeschaltet und oben rechts mit einem Wert von -6 dB True Peak in grüner Schrift im vorgegebenen Bereich (vgl. Kapitel 3.1.1). Es wurden bewusst alle Stimuli mit -12,6 bis 12,8 LUFS integrated vereinheitlicht, um etwas lauter zu sein, da es sich um Warn- und Alarmsounds handelt. Die Stimuli wurden in das \*.aac-Format konvertiert, um sie als YouTube-Links in die Befragung einzufügen zu können.

### Abbildung 7

*Messung der LUFS eines UI Sounds hier mit -12,8 LUFS integriert mit „FabFilter Pro-L 2“ Limiter Plugin in „Ableton Live 11“ UI Sound*



Für die Produktion der Stimuli wurde zunächst eine breitgefächerte Online-Recherche nach gängigen, bekannten und unbekannten UI Sounds durchgeführt. Ebenfalls wurde dies insbesondere auf der Musikerstellungsplattform Splice durchgeführt. Splice Sounds stellt einen Katalog von Musikmaterialien zur Verfügung, der monatlichen Zugriff auf eine festgelegte Anzahl von Credits für den Download von Sounds ermöglicht. Die Verwendung dieser Sounds unterliegt bestimmten Eigentumsrechten und Lizenzbedingungen. Die Sounds dürfen in Kombination mit anderen Klangelementen zur Erstellung neuer Aufnahmen eingesetzt werden (Splice, 2023), was durch die Anwendung von diversen Audioeffekten in „Ableton Live 11“ bei der Stimuli Produktion umgesetzt wurde.

Die bereits im Rahmen eines Pflichtfachs Tun, Forschen, Gründen getätigten Forschungen legten dafür den Grundstein, da damals die Möglichkeit bestand, Klänge für das SC2 Prototypen zu entwickeln. Diese wurde gemäß Anforderungen entwickelt, die mit dem Erstprüfer gemeinsam diskutiert wurden. Daraus resultierte ein Soundpack mit Klängen für die vier SC2-Szenarien. Diese UI Sounds können als zeitgemäß und modern charakterisiert werden. Ob diese Klänge den Bedürfnissen der Zielgruppe gerecht werden, um über die unterschiedlichen Szenarien und Inhalte des SC2 informiert zu werden, stellt einen zentralen Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit dar.

Der Forschungsstand war dabei zu berücksichtigen. Mit der Zweitbetreuung wurden diverse Themen behandelt. Beispielsweise wurde erwähnt, dass glockige Klänge von Personen zwischen 60 und 85 Jahren besser wahrgenommen werden als nicht-glockige Klänge. Diese Konversation konnte jedoch nicht ausreichend wissenschaftlich belegt werden. Folglich wurde eine breite explorative Forschung nach bestem Erfahrungswissen und Gewissen durchgeführt, aus der die definierten Kategorien hervorgingen.

#### 3.2.2.1 *Fehler Stimuli*

Im Rahmen der Datenanalyse hat sich eine Anomalie bezüglich der User-Interface-Sounds der Szenarien S4 und W3 ergeben. Konkret handelt es sich um eine Unstimmigkeit bei der Produktion des UI Sounds „s4\_alarm“ in Szenario S4, welcher aufgrund eines Fehlers in der Anwendungsphase Echo-Soundeffekts in „Ableton Live 11“ identisch mit dem UI Sound „w3\_beeps“ aus dem Szenario W3 ist. Der für das Szenario S4 konzipierte Echo-Effekt, der in Kapitel 3.1.2.4 detailliert beschrieben wird, wurde in diesem speziellen Fall nicht implementiert. Dadurch wurde dem spezifischen klanggestalterischen Anforderungsprofil von Szenario S4 nicht Rechnung getragen.

#### 3.2.3 **Technische Umsetzung des moderierten User\*innentests**

Bevor mit dem eigentlichen moderierten User\*innentest gestartet wurde, wurde zunächst die Einverständniserklärung ausgehändigt und sowohl von Testuser\*innen als auch dem Autor der Arbeit unterschrieben. Die wichtigsten Punkte der Einverständniserklärung sind nachstehend aufgeführt und wurde allen Testuser\*innen erläutert.

Die Zustimmung zur Verarbeitung von personenbezogenen Daten schließt Bild- und Tonaufnahmen, den Namen, die E-Mail-Adresse, die Zugehörigkeit und Telefonnummer ein. Die Daten werden pseudonymisiert und finden evtl. Weiterverwendung im SC2 Forschungsprojekt Verwendung. Sie werden sicher aufbewahrt und nur von SC2 Projektmitglieder\*innen genutzt. Nach Projektabschluss werden die Daten für 10 Jahre aufbewahrt und danach gelöscht oder anonymisiert. Die Einwilligung dient als rechtliche Grundlage und die Testuser\*innen haben das Recht auf Auskunft, Löschung, Berichtigung ihrer Daten. Ein Widerruf ist möglich, wobei bisher erhobene Daten weiterhin im SC2-Projektteam verwendet werden können. Bei den sieben Testuser\*innen wurden jedoch keine E-Mail-Adressen, Telefonnummern und der vollständige Namen erhoben, sondern mit „TP1“ (= Testuser\*in 1) bis „TP7“ pseudonymisiert (siehe Anhang B).

Die auditiven Eigenschaften der Räumlichkeiten, in dem die Tests durchgeführt wurden, wurden mittels einer Raumvolumenmessung in Kubikmetern und der Bestimmung der Nachhallzeit (RT60) erfasst. Zur Ermittlung der RT60 wurde die Applikation „ClapIR“ (Tarzia, 2012) auf einem Apple iPhone 13 Pro verwendet. Das Smartphone wurde in einer liegenden Position, mit dem Display zur Decke zeigend, auf einem Stativ montiert, das sich jeweils einen Meter von der Signalquelle entfernt befand. Die RT60-Messung wurde durchgeführt, indem in die Hände geklatscht wurde; der erzeugte Impuls wurde über das intern verbaute MEMS-Mikrofon des Geräts aufgezeichnet. Zur weiteren visuellen Dokumentation des Raums wurden entsprechende Fotografien angefertigt (siehe Anhang G).

### *3.2.3.1 Lautsprecheruntersuchung*

Im Anschluss wurde der Frequenzgang des ‚Amazon Echo Dot‘-Lautsprechers (= LS) des SC2 Prototypen im „Audiotudio A“ (Fachhochschule St. Pölten GmbH, 2023) der FH St. Pölten untersucht, um zu ermitteln, in welchen Frequenzbereichen der LS am geeignetsten Audiosignale wiedergeben kann. Eine Übersicht über das verwendete Equipment liefert

Tabelle 2. Hierbei ist es wesentlich zu erwähnen, dass es sich dabei um eine Anlehnung an eine professionelle Messung handelt, da keine Bedingungen, wie in einem Freifeldmessraum vorherrschen. Der LS verfügt über einen 1,6-Zoll-Breitbandtreiber, der angenehme hohe und mittlere Frequenzen erzeugt soll. (TechHive, 2018).

**Tabelle 2***Messequipment für Frequenzgangsmessung „Amazon Echo Dot“*

Items	Hersteller / Artikelbezeichnung	Sonstiges
<b>SC2 Lautsprecher</b>	„Amazon Echo Dot“ 3. Generation (C78MP8)	im Bluetooth-Modus zur Soundwiedergabe via MacBook Pro M2 und „FuzzMeasure“
<b>Mikrofon zur Messung des Frequenzgangs</b>	Messmikrofon Beyerdynamic MM1(beyerdynamic GmbH & Co. KG, 2023)	-
<b>Audiointerface</b>	RME Fireface UC(RME Intelligent Audio Solutions, 2023)	-
<b>Messsoftware</b>	Fuzz Measure Version 4.2.2 (39) (RØDE Microphones, 2023)	-
<b>Computer</b>	Apple MacBook Pro M2 (2022) (Apple Inc., 2023)	-
<b>XLR Kabel</b>	Cordial CMK 222 (CORDIAL GmbH, o. J.)	Herkömmliches XLR-Kabel, wie es in professionellen Tonstudios zu finden ist
<b>Mikrofonstativ</b>	K&M (König & Meyer GmbH & Co.KG, o. J.)	Herkömmliches Mikrofonstativ, wie es in professionellen Tonstudios zu finden ist
<b>Laser-Entfernungsmesser</b>	Bosch PLR 50 (Bosch, o. J.)	Zur Messung der Positionen und Distanzen von MM1 und LS
<b>Schallpegelmessgerät</b>	NTi XL2 (NTi Audio AG, o. J.)	-

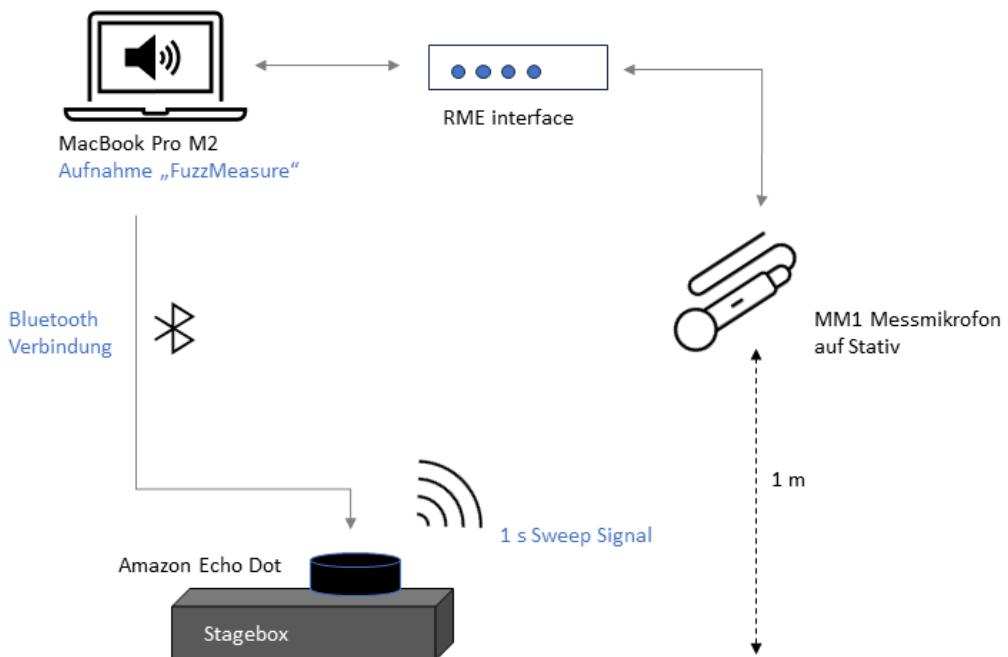
*Anmerkung.* Eigene Erstellung.

Die technische Vorgehensweise für das Messen des Frequenzgangs ist das Abspielen eines sekundenlangen Sweep-Audiosignals aus der Messsoftware,

welches via Bluetooth am LS unter Sicherstellung der maximal möglichen Lautstärke sowohl beim „Apple MacBook Pro M2“ (= Laptop) als auch beim LS.

**Abbildung 8**

*Messaufbau: MM1 in Richtung „Amazon Echo Dot“ ausgerichtet*



*Anmerkung.* Eigene Erstellung.

Das Klangereignis wurde sodann mit dem MM1 Messmikrofon aus ca. 1 m Distanz (gemessen mit dem Laserdistanzmesser) via RME Interface wieder zurück in „FuzzMeasure“ aufgenommen. Wichtig ist hierbei, dass das MM1 auf ca. 1 m Höhe mittels Stativs montiert wurde um sich an die Sitzhöhe der Testuser\*innen anzunähern. Normalerweise wird hierfür 120 cm genutzt, jedoch konnte hier davon abgesehen werden, da es sich lediglich um einen niederschwelligen Test handelt und die Genauigkeit für diesen Zweck bewusst vernachlässigt wurde. Das MM1 wurde nicht (wie für eine Akustikmessung üblich) in 0° Richtung zum LS ausgerichtet, da sich der LS des SC2 auf einer kleinen Stagebox als Erhöhung positioniert wurde, um die Höhe des Staubsaugerroboters zu simulieren (siehe Abbildung 8).

Das Mikrofon wurde so nach unten geneigt, dass es direkt auf den Lautsprecher ausgerichtet wurde (siehe Abbildung 8) und nicht in einer waagerechten Positionierung. Hintergrund ist die möglichst praxisnahe und realistische Nachbildung von Hörposition der/des User\*in und dem SC2, der sich auf dem

Boden befindet. Der Abstand zwischen dem Mikrofon und dem Lautsprecher wurde auf ungefähr einen Meter eingestellt.

Um die Vergleichbarkeit der zu erhebenden Daten zu gewährleisten, wurde außerdem der Schalldruckpegel in dB(A) gemessen (siehe Abbildung 9). Die A-Gewichtung moduliert die Sensitivität für tiefere Frequenzen in einer Weise, die die relative Lautstärkeempfindung des menschlichen Gehörs nachahmt. Invers betrachtet enthalten akustische Ereignisse in der Regel mehr Bestandteile bei niedrigeren Frequenzen, als dem menschlichen Hörvermögen zugänglich sind. Aufgrund dieser Charakteristika wird die A-Gewichtung üblicherweise in standardmäßigen Schallpegelmessungen angewandt (NTi Audio AG, o. J.; Weinzierl, 2008, S. 56).

**Abbildung 9**

*Lautsprechermessung SPL in dB(A)*



Zur Messung wurden alle Stimuli in dergleichen Weise wiedergegeben, wie bei der Frequenzgangsmessung. Lediglich der Abstand zwischen dem Schalldruckpegelmessgerät (siehe Abbildung 9, weißes Viereck) und dem LS (siehe Abbildung 9, rotes Viereck) wurde auf den Mittelwert von 2 m erhöht, um zu messen, wieviel dB(A) SPL bei voller Aussteuerung auf dem Laptop und dem LS von den UI Sounds gemessen werden können.

Auf die Ergebnisse wird in Kapitel 5.1 eingegangen. Aus den Erkenntnissen der Messung wurden ebenfalls weitere Anforderungskriterien für die Produktion der UI Sounds verwendet.

# 4 Durchführung und Evaluation

## 4.1 Durchführung

Die Erhebung der Daten erfolgte daher mittels moderierter User\*innentests, welche aus einem digitalen Umfragebogen bestehen und um Tonbandaufnahmen während des User\*innentests ergänzt wurden. Ein moderierter User\*innentest ist eine Forschungsmethode, um die User\*innenfreundlichkeit des SC2 in Bezug auf die UI Sounds zu erfassen und dies mittels Moderation und stellvertretender Eingabe der Antworten der User\*innen durch die Moderation. Die Gründe liegen hierbei in der Barrierefreiheit des Umgangs und der Bedienung des digitalen Fragebogens, sodass Testuser\*innen mit einer niedrigeren digitalen Kompetenz ohne Einschränkungen an der Erhebung partizipieren können.

Dieser pseudonymisierte Fragebogen weist neben den allgemeinen personenbezogenen Daten, wie dem Lebensalter, das Vorliegen einer ärztlich diagnostizierten Schwerhörigkeit auch Fragen auf, die durch Multiple Choice Fragen ermittelt wurden. Zusätzlich befinden sich unter den Multiple Choice Fragen zusätzliche Textfeld-Antwortfelder zur freien und ergänzenden Beantwortung der Fragen.

Vor dem ersten Schritt wurde zunächst eine Einverständniserklärung der FH St. Pölten in zweifacher Form ausgehändigt (siehe Anhang B). Im Anschluss dazu wurde erklärt, wie die erhobenen Daten weiterverarbeitet werden und welche Rechte die User\*innen haben. Danach wurden den User\*innen das Projekt SC2 erklärt und die Formulierungen „Schlauer Begleiter“, „Klang“ und „Klänge“ etabliert. Dazu wurde sich entschlossen, um sich während der Befragung von den englischen Begriffen „Smart Companion 2“ und „UI Sounds“ zu distanzieren, sodass möglicher sprachlicher Barrieren seitens der User\*innen reduziert oder gar vorgebeugt werden konnte. Darüber hinaus wurden alle Testuser\*innen darüber informiert, dass die Umfrage auf Freiwilligkeit basiert. Weiters wurde kommuniziert, dass eine Pause jederzeit möglich ist, da das Hören einiger unterschiedlicher Stimuli unter Einbezug der Lebensalter und Konzentration der User\*innen sehr herausfordernd und ermüdend sein kann.

Die Gesamtlänge wurde zunächst auf 45 bis 60 Minuten an Zeit geschätzt. Es zeigte sich jedoch, dass im moderierten User\*innentest durch unterschiedlich lange Kommentare seitens der Testuser\*innen circa 60 bis 80 Minuten dauerte. Die Häufigkeit der UI Sound Wiedergabe der Testuser\*innen wird in dieser Arbeit

vernachlässigt, d.h. Testuser\*innen können die UI Sounds bei allen Fragestellungen beliebig oft wiederholen.

Allen User\*innen wurden die vier unterschiedlichen zu untersuchenden Szenarien des SC2 ausgiebig erklärt und auf die Wichtigkeit der ersten beiden Szenarien hingewiesen. Im Vergleich dazu wurden die Szenarien drei und vier als unwichtiger deklariert. Die vier Grafiken zu den zu untersuchenden Szenarien finden sich in Kapitel 3.1 wieder. Jene Szenarien wurden nicht nur bei jeder Antwort im digitalen Fragebogen abgebildet, sondern zusätzlich in Farbe auf jeweils ein DIN A3 Papier ausgedruckt, sodass den User\*innen noch mehr (analoge) Medien zur Wissensvermittlung der Szenarien zu Verfügung standen.

Vor der eigentlichen Befragung wurde extra Zeit eingeplant, um die etwaigen Rückfragen zu den Szenarien beantworten zu können. Darüber hinaus wurde allen Testuser\*innen vor dem ersten Schritt ein Erklärvideo wiedergegeben, welches im Rahmen einer anderen Masterarbeit über den SC2 produziert wurde (König, 2023). Hier werden die essenziellen Fragen zu den unterschiedlichen Szenarien des SC2, wie auch die eigentliche Saugfunktion des Staubsaugerroboters visualisiert und mit einer künstlichen Erzählerinnenstimme in einfacher Sprache erklärt.

Die Reihenfolge der Abschnitte in den „Google Forms“ Umfragen wurde manuell randomisiert, da ein solches Feature von Seiten von „Google Forms“ nicht gegeben ist. Es wurde sodann von einer „Google Forms“ Vorlage eine Kopie erstellt, welche anschließend mit bspw. „TP1“ für die/den ersten Testuser\*in umbenannt und somit pseudonymisiert wurde, da keine weiteren personenbezogenen Daten erhoben wurden. Im Folgenden wurden in allen drei Schritten des Fragebogens jeweils die Fragenreihenfolge pro Schritt randomisiert, um Sequenzierungseffekte zu reduzieren (siehe Anhang D). Die Abbildungen zu allen vier unterschiedlichen Testumgebungen finden sich ebenfalls im Anhang (siehe Anhang G).

#### **4.1.1 Schritt 1 - Zuordnung UI Sounds - Szenarien (F1.2)**

Im initialen Schritt des moderierten User\*innentests wurde die Untersuchung mit einer quantitativen Fragestellung eingeleitet. Ziel ist es, die Fähigkeit der Testuser\*innen zu evaluieren, die über den „Echo Dot“ (im Bluetooth Modus) abgespielten UI Sounds korrekt den jeweiligen Szenarien des SC2-Projekts zuzuordnen. Zu diesem Zweck wurden den Testuser\*innen die vier Szenarien erneut in Form von ausgedruckten Grafiken aus dem SC2-Projektteam vorgestellt und erläutert. Anschließend wurden die Testuser\*innen für die Variabilität der

Sounds in Bezug auf Abspielgeschwindigkeit, als Indikator für Dringlichkeit, und eventuell Tonhöhenvariation sensibilisiert.

#### **4.1.2 Schritt 2 - Ranking der UI Sounds**

Im zweiten Schritt des Forschungsdesigns wurde untersucht, wie User Interface Sounds für den SC2 Prototypen bei Menschen ab dem dritten Lebensalter klingen müssen, damit sie über die jeweiligen SC2 Szenarien informiert werden können. Dazu wurden den Proband\*innen verschiedene Szenario Soundpacks vorgespielt und gebeten, diese in einer Bestenliste von Platz 1 bis Platz 5 zu bewerten und einzuordnen. Dies wurde durch den Moderator stellvertretend nach Einwilligung der Testuser\*innen über den digitalen Umfragebogen umgesetzt. Anschließend gab es nach der Frage nach der Rangfolge für jedes der vier Szenarien noch eine optionale Kurzfeedback-Frage, „Kurzfeedback(optional): Wie sicher sind Sie sich bei Ihrer Auswahl?“ (siehe Anhang A), um die subjektive Sicherheit bei der Auswertung berücksichtigen zu können. Hierbei ist erneut zu erwähnen, dass durch den Autor nach bestem Wissen und Gewissen eine Vorauswahl bzw. Verteilung aller 20 UI Sounds zu einem Szenario und einem klanglich dafür geeigneten Soundpack vorgenommen wurde. So gibt es eine Referenz, an der die jeweilige Rangfolge der Testuser\*innen verglichen werden kann.

#### **4.1.3 Schritt 3 - Eignung UI Sounds zur Vermittlung des Inhalts des zweiten Szenarios**

Im dritten Schritt des moderierten User\*innentests wurde untersucht, ob UI Sounds zusätzlich zum Dialog beim zweiten Szenario zu einem erhöhten Verständnis des Inhalts beim Smart Companion 2 beitragen können, im Vergleich zu einem SC2 Prototypen mit Dialog, jedoch ohne UI Sounds. Dazu wurden den Testuser\*innen SC2 Sounds des zweiten Szenarios vorgespielt, einmal mit UI Sounds (siehe Tabelle 1) und einmal ohne, immer mit Dialog.

## 4.2 Evaluation

### 4.2.1 Quantitative Evaluation

Die Ergebnisse des moderierten User\*innentests wurden in einer Excel-Datei konsolidiert und die zuvor durchgeführte Randomisierung der einzelnen Fragen für jeden Abschnitt rückgängig gemacht und in eine für alle sieben Datensätze einheitliche Reihenfolge gebracht, um die Daten untereinander vergleichbar zu machen. Anschließend wurden in Excel erste Mittelwerte und Standardabweichungen berechnet, die dann schlussendlich durch entsprechende Umwandlungen und Anpassungen der Daten in EXCEL automatisiert in SPSS als Häufigkeitstabelle bearbeitet wurden. In der SPSS-Domäne wurden mittels „RECODE-Anweisung“ (IBM Deutschland GmbH, 2022) eine semantische Neuklassifizierung der Ausgangsdaten vorgenommen. Dies basiert auf folgendem selbstentwickelten Codierungsschema der Übersichtlichkeit neu codiert: Variablennamenschreibweise = „Szenario [w1; a2; w3; s4;] \_soundpack [tfg; beeps; synth; alarm; bells] + \_s [= sicherheit]“ Das „\_s“ wurde für die Sicherheitsbewertung im ersten Schritt der Umfrage vergeben, dass jene Variablen ebenfalls eine unmittelbare Zuordenbarkeit erhalten. Daraus wurde ebenfalls die Schreibweise der vier SC2-Szenarien W1, A2, W3 und S4 entwickelt. Die neuen Variablennamen sind zur Analyse und Interpretation vorteilhafter, da so sowohl das Szenario als auch das Soundpack aus dem Variablenamen ablesbar ist. Die geänderten Namen finden sich ebenfalls in der Übersichtstabelle der Stimuli wieder (siehe Tabelle 1).

Darauffolgend wurden Ergebnistabellen für jeden Fragebogenabschnitt erstellt, um einen ersten Überblick zu gewährleisten. Schließlich wurde eine gründliche Analyse durchgeführt, um zu bestimmen, welche der Daten, insbesondere unter Berücksichtigung der geringen Stichprobengröße von 7 Testuser\*innen, sich für eine grafische Darstellung eignen würden. Diese methodische Vorgehensweise ermöglichte eine systematische Auswertung und Interpretation der gesammelten Daten.

Schritt 1 (F1.2): In dieser Phase der Evaluation wurden Häufigkeitsdaten zusammengestellt. Diese Daten wurden dann zur Berechnung des Durchschnittswerts herangezogen, wie im Tabelle 11 dokumentiert. Darüber hinaus wurden Korrelationsanalysen zwischen Geschlecht sowie Alter und den erzielten Ergebnissen durchgeführt, die in Kapitel 5.4.4 detailliert beschrieben werden.

Schritt 2 (F1): Hier wurden die Rangfolgen in EXCEL ausgewertet und in einer Ergebnistabelle zusammengefasst, sodass die favorisierten UI Sounds dargestellt werden können (siehe Kapitel 5.4.2).

#### **4.2.2 Qualitative Evaluation**

Die methodische Herangehensweise dieser Untersuchung orientiert sich an den Prinzipien der induktiven Kategorienbildung, wobei die Kategorien direkt aus dem empirischen Material extrahiert werden (Mayring, 2015, S. 85). In diesem Zusammenhang wurde als Analyseeinheit die Transkripte der Testuser\*innen (TP 1-7) festgelegt. Die Analyse fokussiert sich auf die Forschungsfragen zur Thematik.

In Bezug auf die formalen Charakteristika des Materials sind Zeitstempel, Pseudonym sowie kurze Äußerungen der Testuser\*innen integriert. Eine Paraphrasierung der Aussagen wurde bewusst nicht durchgeführt, da die Transkription gemäß den Vorgaben der „einfachen Transkription“ von Dresing und Pehl erstellt wurde und das Datenvolumen überschaubar ist (Dresing & Pehl, 2018, S. 17).

Das Abstraktionsniveau der Analyse wurde als moderat definiert, da die Länge und Inhalte der Aussagen zu den UI Sounds überschaubar und inhaltlich überwiegend klar formuliert wurde. Es beinhaltet spezifische Meinungen und Beobachtungen der Testuser\*innen, die für das Verständnis im Kontext dieser Arbeit keine tiefgreifende Abstraktion oder Theoretisierung benötigen.

Für die Ausführung der Inhaltsanalyse wurde die zusammenfassende Inhaltsanalyse ausgewählt, um der induktiven Kategorienbildung gerecht zu werden (Mayring, 2015, S. 85). In der finalen Phase der qualitativen Evaluation wird eine Interpretation der Ergebnisse im Diskussionsteil dieser Arbeit vorgenommen.

## 5 Ergebnisse

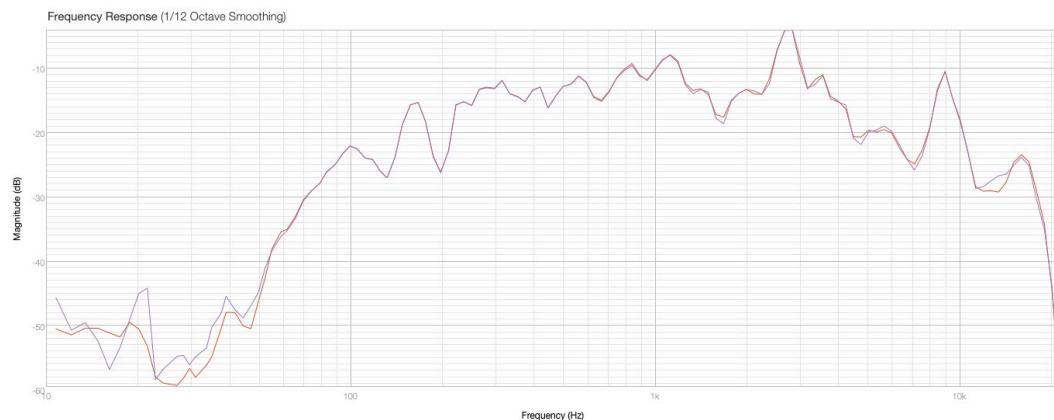
Im folgenden Kapitel werden alle Ergebnisse der durchgeführten Tests und Versuche rund um den SC2 und die vorliegenden Forschungsfragen und -hypothesen beschrieben. Die nach dem MMR Triangulationsdesign ausgewerteten qualitativen und quantitativen Ergebnisse werden neben dem Fließtext zusätzlich noch mit Tabellen visualisiert und bereits im Ergebnisteil kombiniert betrachtet und ausgewertet. Die Messungen des LS und der UI Sounds werden zusätzlich mit Abbildungen veranschaulicht, welche sich teilweise im Anhang G dieser Arbeit wiederfinden. Hierbei ist der Aufbau des Ergebnisteils so gegliedert, dass die quantitativen Ergebnisse mittels Tabellen veranschaulicht werden und sodann im Fließtext erläutert werden. Erweitert und abgerundet wird dies durch Hinzufügen der qualitativen Ergebnisse aus den Transkripten. Die Auflistung der Kategorien und Codes in Tabelle 6 sind im Rahmen der induktiven Kategorienbildung nach Mayring (2015, S. 85) erstellt worden. In einem weiteren Schritt wurden die Kategorien weiter vereinheitlicht, in dem sie mit den Forschungsfragen in Bezug gesetzt wurden. Der Hintergrund dabei liegt in der Nachvollziehbarkeit und Kohärenz der Codierung im Kontext der Forschungsfragen und Hypothesen. Dementsprechend dient das Kategoriensystem als Leitfaden für die qualitative Evaluation im Rahmen des MMR Triangulationsdesigns (siehe Tabelle 6).

## 5.1 Ergebnisse der Lautsprecheruntersuchung

In diesem Unterkapitel findet die Gegenüberstellung der Frequenzgänge der fünf Soundpacks. Ebenfalls wird der Frequenzgang des „Amazon Echo Dot“ des SC2 in Abbildung 10 wieder. So kann ein erster oberflächlicher und vergleichender Eindruck der Frequenzbereiche der UI Soundpacks und des Lautsprechers gelingen, d.h. der Frequenzbereich von allen UI Sounds innerhalb eines Soundpacks wurde begutachtet. Damit soll sichergestellt werden, dass die UI Sounds so produziert wurden, dass sie spektral in den relevanten Frequenzbereichen des Lautsprechers liegen.

**Abbildung 10**

*Frequenzgang „Amazon Echo Dot“ (2x Messung m. 1 sec. Sweep, 1 m Distanz von Mic zu LS mit „FuzzMeasure“)*



*Anmerkung.* Messung 1 = violet. Messung 2 = rot.

Abbildung 10 zeigt den Frequenzgang des „Amazon Echo Dot“, basierend auf zwei Messungen mit einem einsekündigen Sweep-Signal. Dargestellt sind Magnitude in dB auf der y-Achse und die Frequenz von 10 Hz bis 20 kHz auf der x-Achse. Die Messungen wurden in einem Abstand von ca. einem Meter zwischen dem Mikrofon und dem zu testenden Gerät durchgeführt (siehe Kapitel 3.2.3.1). Es kann ein Frequenzbereich von ca. 150 Hz bis ca. 15 kHz festgestellt werden, in dem der „Amazon Echo Dot“ seine meiste Energie aufweist.

Die Abbildungen F1 bis F5, die sich in Anhang F wiederfinden, zeigen jeweils die Frequenzbereiche der fünf Soundpacks des SC2 mit dem Equalizer Plugin „FabFilter Pro-Q 3“ (FabFilter Software Instruments, 2023b) an. Diese Visualisierungen dient der quantitativen Analyse der spektralen Eigenschaften der im Soundpack enthaltenen akustischen Signale. Für die Messung wurden dabei

jeweils alle Klänge des jeweiligen Soundpacks gleichzeitig über eine Spurengruppe in „Ableton Live 11“ wiedergegen. Dabei wurde mit dem „FabFilter Pro-Q 3“ die Frequenzbereiche angeschaut, sodass ein Ersteindruck gewonnen werden kann. Zusammenfassend lassen sich folgende (grobe) Frequenzbereiche gegenüberstellen (siehe Tabelle 3)

**Tabelle 3**

*Frequenzbereiche LS & Soundpacks*

Soundpack	UG (Hz)	OG (kHz)	Übereinst. LS
LS	ca. 100	ca. 15	N/A
TFG	ca. 400	ca. 16	Teilkongruent
BEEPS	ca. 200	ca. 11	Kongruent
SYNTH	ca. 130	ca. 14	Teilkongruent
ALARM	ca. 600	ca. 14	Kongruent
BELLS	ca. 1000	ca. 18	Teilkongruent

*Anmerkung.* UG = untere Grenzfrequenz. OG = obere Grenzfrequenz. Übereinst. LS = Übereinstimmung mit LS Frequenzbereich

In der Analyse zeigt sich, dass die Mehrheit der untersuchten Soundpacks im Frequenzbereich des LS operiert. Eine Ausnahme ist zu beobachten, dass die Soundpacks TFG und BELLS hohe Frequenzen aufzeigen, die mit circa 16 kHz bzw. 18 kHz geringfügig über dem oberen Grenzwert des ermittelten Frequenzbereichs des LS liegen.

Darüber hinaus wurde der Schalldruckpegel (SPL) in dB(A) der verschiedenen UI Sounds gemessen. Die Messungen erfolgten in einer Distanz von 2 Metern zum LS (siehe Kapitel 3.2.3.1). Schließlich konnte ein Mittelwert der SPL-Werte aller 20 UI Sounds berechnet werden, welcher bei 73,86 dB(A) liegt (vgl. Anhang E).

## 5.2 Raumparameter der Testumgebungen

Wie bereits in Kapitel 3.2.1 behandelt, wurden diverse Raumdaten erhoben, um eine Vergleichbarkeit der TP-Daten aus dem moderierten User\*innentest zu erreichen. Die Raumdaten enthalten sowohl das Raumvolumen in Kubikmetern (=  $m^3$ ) als auch die Raumabmessungen in Länge (= L), Breite (= B) und Höhe (= H), jeweils in Metern. Zudem wurde die Nachhallzeit (= RT60) in Sekunden erfasst (siehe Tabelle 4).

**Tabelle 4**

*Raumspezifikationen*

TP	Raumvolumen (im m <sup>3</sup> )	L (in m)	B (in m)	H (in m)	(in RT60 sec.)	Distanz (in m)
TP1	127,25	7,66	5,93	2,80	1,89	2,9
TP2+3	34,49	3,82	3,41	2,65	2,02	1,6
TP4	39,02	5,10	2,38	3,22	0,37	2,2
TP5-7	44,01	4,17	4,16	2,54	0,22	1,9

*Anmerkung.* Eigene Erstellung. TP's = Testuser\*innen. Distanz = Distanz Hörposition zu SC2 gerundet  $M = 2$  m.

- TP1 weist mit 127,25 m<sup>3</sup> das größte Raumvolumen und eine Nachhallzeit von 1,89 Sekunden auf. Die Raumabmessungen sind 7,66 m (L), 5,93 m (B) und 2,80 m (H).
- TP2 und TP3 zeigen mit einem Raumvolumen von 34,49 m<sup>3</sup> und einer Nachhallzeit von 2,02 Sekunden eine vergleichsweise geringe Größe und höhere Nachhallzeit auf. Die Dimensionen betragen 3,82 m (L), 3,41 m (B) und 2,65 m (H).
- TP4 hat ein Raumvolumen von 39,02 m<sup>3</sup> und die kürzeste Nachhallzeit mit 0,37 Sekunden. Die Raumparameter sind 5,10 m (L), 2,38 m (B) und 3,22 m (H).
- TP5 bis TP7 verfügen über ein Raumvolumen von 44,01 m<sup>3</sup> und eine sehr geringe Nachhallzeit von 0,22 Sekunden. Die Dimensionen sind 4,17 m (L), 4,16 m (B) und 2,54 m (H).
- Die durchschnittliche Distanz von Hörposition der Testuser\*innen zu SC2 liegt bei 2 m.

Diese Ergebnisse liefern einen grundlegenden Einblick in die Variabilität der Raumeigenschaften, die bei der Evaluation der User\*innentests zu berücksichtigen sind. Die Einrichtungsgegenstände der Testräumlichkeiten bestanden überwiegend aus Teppichböden, gepolsterten Bürostühlen, einer Fensterfront und mindestens einem Tisch. Die beiden Räumlichkeiten von TP1 und TP4 hatten eine zwar eine ähnliche Raumeinrichtung, jedoch keinen Teppichboden und damit noch ein wenig mehr schallharte Flächen, die grundsätzlich in Bezug auf den Schallabsorptionsgrad zu berücksichtigen sind, jedoch auf Grund der Menge an Direktschall zu vernachlässigen sind (siehe Kapitel 5.1).

## 5.3 Stichprobenbeschreibung

Die nachstehende Tabelle 5 gibt einen detaillierten Überblick über die Charakteristika der Testuser\*innen (TP1-7), die am moderierten User\*innentest teilgenommen haben. Insbesondere werden Angaben zum Alter, Geschlecht, dem Vorhandensein einer Schwerhörigkeit sowie spezifische Eindrücke beschrieben.

**Tabelle 5**

*Charakterisierung der Stichprobe*

TP	Alter	m/w/d	Hypa- kusis	Details bzgl. Hypakusis	Gesamteindruck
TP1	72	männlich	ja	besitzt Hörgeräte; nicht genutzt im Test	Interessiert an Projekt, besitzt Staubsaugerroboter, potenzielle Bedeutung der Klänge auch für die Nachbarschaft erkannt
TP2	75	männlich	-	-	Zunächst unsicher, dann sicher; gemeinsame Session mit TP3 hatte Gruppeninterviewcharak- ter; vertraut mit SC2
TP3	74	weiblich	-	-	Ähnlich zu TP2; anfangs unsicher, dann sicher; vertraut mit SC2
TP4	61	männlich	-	-	Sehr sicher, besitzt Staubsaugerroboter
TP5	60	weiblich	-	-	Anfangs unsicher, nach Einführung sicherer
TP6	80	männlich	ja	Eingeschränkte Wahrnehmung hoher Töne	Besitzt keinen Staubsaugerroboter; berichtet von einer potenziellen Hörschwäche

---

TP7	64	männlich	-	-	Ingenieur und musikalisch; besitzt keinen Staubsaugerroboter
-----	----	----------	---	---	---

---

*Anmerkung.* Eigene Erstellung.

Im Abschnitt "Gesamteindruck" wurden auffällige Beobachtungen notiert. Bspw. bezeichnet die Formulierung "zunächst unsicher, dann sicher", dass die/der Testuser\*in anfangs eine gewisse Unsicherheit im Umgang mit der Auswahl der UI Sounds und der Testumgebung im Allgemeinen zeigte, die sich jedoch im Verlauf des Tests legte.

TP1 gab an, in belebten Umgebungen mit vielen unterschiedlichen Signalquellen, wie z.B. in einer Menschenmenge, mehr Probleme beim Hören zu haben, was für den Cocktailpartyeffekt sprechen könnte (Weinzierl, 2008, S. 81). Im spezifischen Erhebungssetting konnte TP1 jedoch laut eigenen Angaben problemlos hören, da es keine Hintergrundgeräusche gab. Sowohl der Laptop als auch der „Echo Dot“ waren auf 100% Lautstärke eingestellt.

Für TP2 und TP3 ist zusätzlich bemerkenswert, dass diese beiden Testuser\*innen in einer Wohngemeinschaft leben. TP3 nahm passiv an der Befragung von TP2 teil, was dem Gespräch einen Gruppeninterviewcharakter verlieh. Beide waren bereits mit dem Projekt SC2 vertraut, was die Dateninterpretation beeinflussen könnte.

TP4 zeigte von Anfang an eine hohe Sicherheit im Umgang mit dem Fragebogen sowie den vorgelegten UI Sounds. Seine vorhandene Erfahrung durch den Besitz eines eigenen Staubsaugerroboters könnte eine Rolle gespielt haben.

Bei TP5 beobachtete man ebenfalls einen Prozess von anfänglicher Unsicherheit, der nach einer genauen Erklärung der Fragebögen und Szenarien verflog.

TP6, der keinen eigenen Staubsaugerroboter besitzt, berichtete von einer potenziellen Hörschwäche und einer eingeschränkten Wahrnehmungsfähigkeit für hohe Frequenzen. Diese Information könnte insbesondere für die Interpretation der ausgewählten Stimuli relevant sein.

TP7 schließlich zeichnete sich durch sein ingenieurtechnisches und musikalisches Verständnis aus. Obwohl er keinen eigenen Staubsaugerroboter besitzt, konnte er nach einer eingehenden Erläuterung der Vorgehensweise des moderierten User-Tests solide und argumentativ fundierte Aussagen treffen. Diese Hinweise und Beobachtungen dienen der Vergleichbarkeit der Daten.

## 5.4 Ergebnisse Mixed Methods Triangulation

An dieser Stelle der Arbeit werden beide Datenformen gegenübergestellt, um eine mehrdimensionale Perspektive auf die Forschungsfragen zu ermöglichen. Die nachfolgenden Unterabschnitte sind entlang der Forschungsfragen strukturiert, um eine klare und systematische Analyse zu gewährleisten. Dieser Ansatz ermöglicht es, die jeweiligen quantitativen und qualitativen Ergebnisse in einem Dialog miteinander zu betrachten. Dadurch werden nicht nur bestätigende, sondern auch komplementäre und/oder widersprüchliche Daten in den Fokus gerückt, was eine umfassende und differenzierte Interpretation der Forschungsergebnisse begünstigt. Zunächst erfolgt jedoch ein erster qualitativer Überblick.

### 5.4.1 Überblick der qualitativen Ergebnisse

Die qualitativen Forschungsdaten bieten eine vielschichtige Perspektive auf die Wahrnehmung und Bewertung der 20 UI Sounds in Verbindung mit den Forschungsfragen. Die Inhaltsanalysen nach Mayring für sieben verschiedene Testuser\*innen (TP1-TP7) bieten breite Einblicke in die differenzierten Aspekte der Klangwahrnehmung. Des Weiteren werden zu jede/r Testuser\*in Paraphrasen oder direkte Zitate als Ankerbeispiele aufgeführt, um die Inhalte thematisch abzustecken und das Kategoriensystem in Tabelle 6 zu erläutern. Dort findet sich in der Spalte „Beschreibung“ Informationen zu den Kategorien.

**Tabelle 6**

*Kategoriensystem*

F1- Ursprüngliche F2. Kategorien 2 (induktiv)	Vereinheitlichte Kategorien	Code	Beschreibung
F1 Klangliche Gestaltung zur Informationsvermittlung (F1)	Klangliche Gestaltung	AS_Staccato	Ideen und Vorschläge für die Gestaltung neuer oder besserer Klänge allgemein
		AS_Tempo	
		AS_Lautstärke	
		AS_Klangeffekte	z.B. Echo

## 5 Ergebnisse - Ergebnisse Mixed Methods Triangulation

F1, Wahrnehmung F1. der Dringlichkeit 2, F2	Wahrnehmu ng Dringlichkeit	WD_Hoch (sehr dringlich)  WD_Mittel (ziemlich dringlich)  WD_Niedrig (nicht dringlich)	Wahrnehmung Dringlichkeit, Gefahr, Bedrohung und Relevanz, die ein Klang kommuniziert
F1, Assoziation mit F1. bekannten 2 Klängen	Klang- Assoziatio n	KA_Haushalt  KA_Natur+Umwelt  KA_Notfallsituation  KA_Glockenklänge	Klänge, die an andere Geräusche (z.B. Haushaltsgeräte ) erinnern  (Vogelgezwitsch er)  (Polizeisirene, Martinshorn)  Emotionaler oder psychischer Einfluss der Klänge
F1, Wirkung auf die F1. Psyche 2, F2	Emotionale Reaktion	ER_Positive (beruhigend)  ER_Negative (beunruhigend, ermüdend)	Emotionaler oder psychischer Einfluss der Klänge
F2. Begründung für 2 die Wahl der Ton- /Dialogkombinatio n	Begründung für die Wahl Szenario A2	BWS_Wahrnehmung Verständnis	Präferenz für die Kombination von Tönen mit Dialogen

## 5 Ergebnisse - Ergebnisse Mixed Methods Triangulation

		BWS_Emotionale_Eindruck	BWS_Assoziationen
F2, Klangideen für Szenario A2 (F2)	Klangideen für Szenario A2	KIS_allgemein	
		KIS_a2_bells_feedback	Ideen und Vorschläge für die Gestaltung neuer oder verbesserter Klänge für Szenario A2
		KIS_a2_synth_feedback	
		KIS_a2_tfg_feedback	
		KIS_a2_beeps_feedback	
F1 konkretes Feedback zu Stimuli	Feedback zu Stimuli	FS_allgemein	konkretes Feedback zu Stimuli
		FS_a2_alarm-6Q8R	
		FS_a2_beeps-2M4N	
		FS_a2_bells-3S5T	
		FS_a2_synth-8O0P	
		FS_a2_tfg-5K7L	
		FS_s4_alarm-1K3L	
		FS_s4_beeps-6G8H	
		FS_s4_bells-9M1N	
		FS_s4_synth-3I5J	

FS\_s4\_tfg-8E0F

FS\_w1\_alarm-1G3H

FS\_w1\_beeps-7C9D

FS\_w1\_bells-9I1J

FS\_w1\_synth-4E6F

FS\_w1\_tfg-3A5B

FS\_w3\_alarm-4A6B

FS\_w3\_beeps-9W1X

FS\_w3\_bells-2C4D

FS\_w3\_synth-7Y9Z

FS\_w3\_tfg-1U3V

*Anmerkung.* Eigene Erstellung.

Beginnend mit TP1 liegt der Fokus u.a. auf der Dringlichkeit bzw. auch der Stärke, wenn Stimuli „s4\_tfg“ (siehe Tabelle 6 Code FS\_allgemein) mit folgender Aussage bewertet wurde: „Der ist stark, haja. Wenn ich so etwas höre, wenn ich irgendwo in einem großen Mehrfamilienhaus bin, dann merke ich: Aha, da ist irgendwas passiert.“ (TP1, persönliche Kommunikation, 12. Juli 2023, l. 9). Damit geht TP1 auch auf die Kontextabhängigkeit der Klänge ein, wobei die Kategorien wie „Wahrnehmung der Dringlichkeit“, „Präferenzen“ und „Anwendbarkeit“ für spezielle User\*innengruppen“ bei der ersten Iteration formuliert wurden mit „Ja das ist dann für Menschen mit Behinderungen auf jeden Fall auch hilfreich, oder?“ (TP1, persönliche Kommunikation, 12. Juli 2023, l. 2–3). Diese initialen Codes setzen vorerst den Grundstein für die folgenden Analysen der weiteren Testuser\*innen. Wenngleich das letzte Zitat keine der Forschungsfragen dieser Arbeit tangiert, so wurde jenes bewusst inkludiert, um einen ersten Eindruck der Spannweite der Aussagen zu erhalten.

Die Daten von TP2 und TP3, die sich auf den SC2 im Alltag konzentrieren, erweitern diese Untersuchung durch den Einbezug von technischen Herausforderungen und Praktikabilität des SC2 im Alltag. Insbesondere sind erneut Aspekte der Dringlichkeit und Klangästhetik als Schlüsselemente für die Effektivität der MMI identifiziert worden, wie bspw. die Klangassoziation nach Hören des UI Sounds „w1\_bells“ (siehe Tabelle 6, Code FS\_allgemein) welches

mit weihnachtlich klingenden kleinen Glöckchen assoziiert wurde: „Das Christkindl (lacht)“ (TP2+3, persönliche Kommunikation, 13. Juli 2023, l. 15).

Bei TP4 zeigte sich eine wichtige Tiefe in der Wahrnehmung und Kategorisierung von Klängen. Neue Kategorien wie 'Emotionalität des Tons', 'Realwelt-Assoziationen' und 'Klangcharakteristik' wurden festgehalten. TP4 tätigt die subjektive Aussage zur Charakteristik des Klangs, dass der Stimuli „s4\_tfg-8E0F“ keineswegs als dringlich empfunden wurde und durchaus für eine längere Dauer angenehm wäre (siehe Tabelle 6, Code FS\_allgemein). Die/der Testuser\*in merkte zudem an, dass ein Gefühl der Tiefe durch das vorhandene Echo im Klang erzeugt wurde (TP4, persönliche Kommunikation, 18. Juli 2023, l. 76–77). Die interpretative Reichweite wurde durch das Hinzukommen von emotionalen und assoziativen Kontexten erweitert.

TP5 und TP6 hingegen bereichern das Datenmaterial durch die Einführung neuer Dimensionen wie 'Psychologischer Effekt' und 'Komplexität der Klänge', die auf ein komplexes Verhältnis zwischen Wahrnehmung der Dringlichkeit und persönlichem Komfort hinweisen. In der 38. Minute bemerkte TP5, dass der UI Sound keinesfalls schreckhaft oder angsteinflößend sein sollte, da dies zu einem unerwünschten Anstieg des Blutdrucks führen könnte (TP5, persönliche Kommunikation, 27. Juli 2023, l. 13–14). Die/der Testuser\*in betonte, dass der Ton im Idealfall unterstützend wirken sollte, anstatt Unbehagen oder Besorgnis hervorzurufen. Zur Komplexität der Klänge gab TP6 an, dass die Anzahl der präsentierten UI Sounds eine Herausforderung in der Zuordnung darstellte. Die/der Testuser\*in fühlte sich durch die Menge an auditiven Informationen im ersten und zweiten Schritt des Fragebogens überfordert und gab an, Schwierigkeiten bei der differenzierten Wahrnehmung und Kategorisierung der verschiedenen Klänge zu haben (TP5, persönliche Kommunikation, 27. Juli 2023, l. 1).

In der Analyse des siebten Transkripts, kristallisiert sich heraus, dass Dringlichkeit und ihr psychologischer Effekt als transversale Themen über die verschiedenen Testuser\*innen hinweg an Bedeutung gewinnen. Darüber hinaus vertritt TP7 die Ansicht, dass eine Staccato-ähnliche Klangstruktur die Eindringlichkeit der akustischen Information beim zweiten Szenario (F2.2) erhöhen könnte und der als effektiver bewertet wird im Vergleich zu dem konstanten Dauerton von Stimuli „DialogueALARM- 10-3S5T“ (TP7, persönliche Kommunikation, 27. Juli 2023, l. 2–3).

In Bezug auf das generelle Empfinden der verschiedenen Stimuli berichten zwei der sieben Testuser\*innen von unterschiedlichen Herausforderungen und Überlegungen. TP5 schildert bspw. eine gewisse Spannung bzw. ein Dilemma bei der Auswahl der UI Sounds, die den verschiedenen Szenarien zugeordnet werden

sollten, da einerseits die Information eines Notfalls vermittelt werden soll, andererseits die/der Testuser\*in nicht durch den jeweiligen UI Sound so erschreckt werden sollte, dass der SC2 gar nicht im Alltag genutzt wird (persönliche Kommunikation, 27. Juli 2023). TP5 gab an, vorzugsweise auf die "angenehmeren" Klänge zu fokussieren und jene auch den dringlichen Szenarien zuzuordnen, was auf eine innere Kontroverse zwischen der Dringlichkeit der Szenario-Situation und der persönlichen Präferenz des subjektiven Wohlbefindens hindeuten könnte. TP6 äußert unterdessen eine gewisse Überforderung durch die Anzahl an Stimuli und gibt an, Schwierigkeiten bei der korrekten Zuordnung zu haben (persönliche Kommunikation, 27. Juli 2023).

#### 5.4.2 Rangfolge der UI Sounds (F1)

Im Rahmen der Evaluation handelt dieser Abschnitt von der ersten Forschungsfrage, welche sich mit der Rangfolge der UI Sounds je Szenario W1, A2, W3 und S4 auseinandersetzt. Um aussagekräftigere Ergebnisse zu gewinnen, wurden die ersten beiden Rangpositionen (R1 und R2) aggregiert betrachtet. Die Werte in den Rängen R1 bis R5 stehen jeweils für die Häufigkeit der Wahl des Szenarios durch eine/n Testuser\*in. Die Ergebnisse sind in Tabelle 7 bis Tabelle 10 dargestellt. R1-R5 reflektieren die jeweiligen Rangfolgen der UI Sounds für das angegebene Szenario, welche durch die Testuser\*innen gewählt wurden.

##### 5.4.2.1 Rangfolgen W1

**Tabelle 7**

*Rangfolgen der UI Sounds für Szenario W1*

UI Sound	R1	R2	R3	R4	R5
w1_alarm	1	1	2	3	0
w1_beeps	3	2	0	0	2
w1_bells	3	0	1	0	3
w1_synth	0	2	2	3	0
w1_tfg	0	2	2	1	2

*Anmerkung.* Kursiv = Favorit.

Im Kontext des Szenarios W1 zeigte sich „w1\_beeps“ als der am häufigsten an die erste oder zweite Position gerankte UI Sound, was seine Prominenz betont (siehe Tabelle 7). Nichtsdestotrotz wurde jener Klang auch von 2 Testuser\*innen auf R5 bewertet. Die anderen UI Sounds sind mehr oder weniger gleichmäßig über die verschiedenen Ränge verteilt. Bei „w1\_bells“ gibt es jedoch jeweils auf Rang 1 und auf Rang 5 3 Stimmen und 1 Stimme bei Rang 3.

Die qualitativen Daten bieten hierbei weitere ergänzende kontextuelle Einblicke. Testuser\*in 4 äußerte, dass der Ton „w1\_beeps“ für sie/ihn eine medizinische Konnotation aufweist und nicht in einen alltäglichen Kontext, wie bspw. einer Kaffeemaschine, passt. TP4 beschreibt den Ton als "eingehend" und verbindet jenen mit einer gewissen Unbehaglichkeit oder Sorge, dass etwas Ernsthaftes passieren könnte. Diese subjektive Erfahrung spielt eine wichtige Rolle, die den Kontext und die subjektiven Assoziationen bei der Wahrnehmung und Deutung von auditiven Signalen veranschaulicht (persönliche Kommunikation, 18. Juli 2023, l. 72–75).

Stimulus „w1\_bells“, welcher sich nach der quantitativen Auswertung auf Platz 2 befindet, wurde qualitativ differenzierter bewertet: TP3 assoziierte den Klang mit weihnachtlichen Glocken und empfand ihn daher als wenig alarmierend. Diese Interpretation stellt eine kulturelle und kontextuelle Einbettung des Klangs dar und bietet Einsichten in die Vielseitigkeit der Wahrnehmung von UI Sounds (TP2+3, persönliche Kommunikation, 13. Juli 2023, l. 15). Testuser\*in 4 bemerkte, dass der Ton nicht durchgehend spielt. Dadurch assoziiert TP4 den Ton für sich weniger mit einer Dringlichkeit, wie sie in Notfallsituationen vorkommt (persönliche Kommunikation, 18. Juli 2023, l. 10–15).

Die restlichen drei Stimuli wurden wie folgt qualitativ bewertet: „w1\_alarm“ wird von TP4 relativ leise und etwas schrill deklariert, obwohl er nicht als unangenehm empfunden wurde. Die Person betonte ebenfalls, dass der Ton für eine längere Dauer geeignet sei, was auf eine geringere kognitive bzw. emotionale Belastung des UI Sounds auf die/den Hörenden hindeuten könnte (persönliche Kommunikation, 18. Juli 2023, Z. 94–95).

Stimulus „w1\_synth-4E6F“ offenbart interessante Aspekte hinsichtlich der Wahrnehmung der Testuser\*innen. TP4 empfand den Klang als „spannend“ und „angenehm“, wobei insbesondere der Echo-Effekt hervorgehoben wurde (TP4, persönliche Kommunikation, 18. Juli 2023, l. 99). Diese Bewertung kann aussagen, dass bestimmte Klangmerkmale wie Echo-Effekt bei UI Sounds einen positiven Einfluss auf die Benutzererfahrung haben können.

Für den Stimulus „w1\_tfg“ wurden keine qualitativen Aussagen getätigt. Es wurde lediglich von TP4 bemerkt, dass der UI Sounds schon einmal gehört wurde ((TP4, persönliche Kommunikation, 18. Juli 2023, Z. 78). Es ist ebenfalls denkbar, dass „w1\_tfg“ mit einem anderen Stimuli des TFG Soundpacks verwechselt wurde.

### 5.4.2.2 Rangfolgen A2

**Tabelle 8**

*Rangfolgen der UI Sounds für Szenario A2*

UI Sound	R1	R2	R3	R4	R5
<i>a2_alarm</i>	1	5	0	0	1
<i>a2_beeps</i>	0	0	1	1	5
<i>a2_bells</i>	1	0	0	5	1
<i>a2_synth</i>	5	1	0	1	0
<i>a2_tfg</i>	0	1	6	0	0

Anmerkung. Kursiv = Favorit.

Im Szenario A2 wurde „a2\_synth“ 5 mal auf Rang 1 gewählt, einmal auf Rang 2 und einmal auf Rang 4. Dagegen stellt „a2\_tfg“ eine Unregelmäßigkeit dar, indem es mit 6 Stimmen besonders häufig an der dritten Position (R3) platziert wurde (siehe Tabelle 8). Für das dringlichste Szenario A2, scheinen die UI Sounds „a2\_synth“ und „a2\_alarm“ mit je 6 Stimmen am besten geeignet, wobei die User\*innen mehrheitlich „a2\_synth“ auf Platz 1 gewählt haben und „a2\_alarm“ auf Platz 2.

TP4 zufolge handelt es sich bei „a2\_alarm“ um einen schrillen, unangenehmen UI Sound, der unmittelbare Aufmerksamkeit erfordert. Die Verknüpfungen reichen von der Wahrnehmung als Brandalarm bis zu Szenarien aus Science-Fiction-Filmen, die eine Fluchtreaktion enthalten. In der Einschätzung von TP4 ist dieser Ton primär den beiden ersten, dringlichsten Szenarien zuzuordnen und nicht den weniger kritischen dritten und vierten Szenarien (persönliche Kommunikation, 18. Juli 2023).

In Bezug auf den Stimulus „a2\_synth“ ergab die qualitative Datenerhebung ein konsistentes Empfinden einer hohen Dringlichkeit und Gefahr unter den Testuser\*innen. Testuser\*in 1 assoziierte den Ton unmittelbar mit einer gefährlichen Situation, in der bspw. eine Person nicht mehr auffindbar wäre (TP1, persönliche Kommunikation, 12. Juli 2023). Diese Einschätzung wurde durch die Testuser\*innen TP4, TP5 und TP6 bestätigt (persönliche Kommunikation, 18. Juli 2023; persönliche Kommunikation, 27. Juli 2023; persönliche Kommunikation, 27. Juli 2023). TP4 hob hervor, dass der Ton für ihn einen hohen Grad an Gefahr signalisiert (persönliche Kommunikation, 18. Juli 2023), während TP5 ihn sogar als „noch dringlicher“ beschrieb und hinzufügte, dass das akustische Signal an die Klänge von Feuerwehr oder einer drohenden Situation erinnert (persönliche Kommunikation, 27. Juli 2023, l. 1). TP6 unterstrich die Gefährlichkeit des UI Sounds und verglich jenen mit den Sirenen der Polizei, wobei explizit angemerkt

wurde, dass dieser Ton die schnellste Reaktion durch die/den User\*in hervorrufen würde (persönliche Kommunikation, 27. Juli 2023).

Zu „a2\_tfg“, welcher häufig im mittleren Bereich gerankt wurde, ist erwähnenswert, dass bei der qualitativen Analyse des Stimulus folgende Interpretationen festgestellt wurden: Testuser\*in 4 bemerkt, dass der Ton schneller ist und am Ende so klingt, als würde etwas in ein Rohr eingesaugt werden (persönliche Kommunikation, 18. Juli 2023). TP5 wertet den Klang als ziemlich dringlich und ordnet ihn dem ersten Szenario zu, obwohl Szenario 2 im Sinne des Autors richtig wäre (persönliche Kommunikation, 27. Juli 2023).

Im Zusammenhang mit dem Stimulus „a2\_beeps“ zeigten sich bei den Testuser\*innen unterschiedliche Assoziationen. Während TP4 das Tonsignal mit dem eines Kochtopfes verglich (persönliche Kommunikation, 18. Juli 2023), verknüpfte TP6 es mit dem Signal einer abgelaufenen Waschmaschine (persönliche Kommunikation, 27. Juli 2023).

Im Gegensatz dazu scheint der Stimulus „a2\_bells“ eine höhere Dringlichkeit zu signalisieren. Testuser\*in 4 stellt fest, dass der Ton dringend ist und mehr Hilfe erfordern würde als in weniger dringenden Szenarien (persönliche Kommunikation, 18. Juli 2023).

#### 5.4.2.3 Rangfolgen W3

**Tabelle 9**

*Rangfolgen der UI Sounds für Szenario W3*

UI Sound	R1	R2	R3	R4	R5
w3_alarm	2	0	1	2	2
w3_beeps	2	1	1	2	1
w3_bells	1	3	1	1	1
w3_synth	1	2	2	0	2
w3_tfg	1	1	2	2	1

*Anmerkung.* Kursiv = Favorit.

Im Szenario W3 weisen die Daten in Tabelle 9 auf relativ gleichmäßige Verteilungen über die verschiedenen Sounds auf. Der UI Sound „w3\_bells“ ist mit vier von sieben Nennungen auf Rang 1 und somit Favorit für Szenario W3.

Bei dem Signal „w3\_alarm“ sind sich TP4 und TP5 bezüglich der Dringlichkeit des Signals einig. Sie ordneten den schnellen und schrillen Ton den höheren Dringlichkeitsstufen zu. Dies deutet darauf hin, dass dieser Ton für Notfallsituationen geeignet sein könnte (TP4, persönliche Kommunikation, 18. Juli 2023; TP5, persönliche Kommunikation, 27. Juli 2023).

Bei dem Stimulus „w3\_beeps“ gab es differenziertere Antworten. TP4 ordnete den schrillen Ton einem Vogel zu, während TP5 den Ton als weniger dringlich einstuft und ihn den Szenarien W3 oder S4 zuordnete (TP4, persönliche Kommunikation, 18. Juli 2023; TP5, persönliche Kommunikation, 27. Juli 2023).

„W3\_bells“ wurde von TP4 als spirituell eingestuft, fast so, als ob er Gebetsglocken oder den Einzug des Dalai Lama signalisieren würde. Dieser Klang scheint daher nicht für Notfälle geeignet zu sein, könnte aber in Kontexten mit einer anderen Art von Dringlichkeit verwendet werden (persönliche Kommunikation, 18. Juli 2023).

„W3\_synth“ wurde von TP4 als angenehm und nicht dringlich beschrieben, was ihn für weniger kritische Anwendungen geeignet macht (TP4, persönliche Kommunikation, 18. Juli 2023).

TP4 schließlich fand den Stimulus „w3\_tfg“ interessant, merkte aber an, dass der Klang nach 15 bis 30 Minuten irritierend sein könnte. Dies deutet darauf hin, dass der Ton für Szenarien geeignet sein könnte, die ein mittleres Maß an Dringlichkeit erfordern (persönliche Kommunikation, 18. Juli 2023).

#### 5.4.2.4 Rangfolgen S4

**Tabelle 10**

*Rangfolgen der UI Sounds für Szenario S4*

UI Sound	R1	R2	R3	R4	R5
s4_alarm	1	0	0	5	1
s4_beeps	0	3	1	1	2
s4_bells	3	1	0	0	3
s4_synth	2	0	4	0	1
<i>s4_tfg</i>	1	3	2	1	0

Anmerkung. Kursiv = Favorit.

Das Szenario S4 präsentiert eine gewisse Varianz in den Ranglisten (siehe Tabelle 10). Insbesondere „s4\_alarm“ und „s4\_bells“ wurden entweder verhältnismäßig hoch oder sehr niedrig bewertet. Bei „s4\_alarm“ kann dies auch am Fehler, wie in Abschnitt 3.2.2.1 erwähnt, liegen. Die UI Sounds „s4\_bells“ und „s4\_tfg“ sind hier von den Testuser\*innen am meisten ausgewählt worden (jeweils 4 von 7), um den Inhalt des Szenarios S4 mittels Feedbacksounds zu vermitteln.

Im Kontext von Szenario S4 zeigen die qualitativen Statements der Testuser\*innen eine Reihe unterschiedlicher Interpretationen der vorgestellten UI Sounds. Diese Vielfalt an Reaktionen könnte die beobachtete Varianz in den Ranglisten erklären.

Der „s4\_alarm“-UI Sound, der als „Vogelton oder Trillerpfeife“ von TP4 bezeichnet wurde, zeigt, dass die Klangqualität nicht unbedingt als dringlich wahrgenommen

wird, sondern vielmehr assoziative oder semantische Bedeutungen in den Vordergrund treten könnten.

Für „s4\_beeps“ äußerte TP4, dass die Töne intensiv und an Notfallsituationen im Intensivbettenraum erinnern (persönliche Kommunikation, 18. Juli 2023), obwohl diese Töne für ein Szenario produziert wurden, das mit einer niedrigeren Dringlichkeitsstufe definiert wurde (vgl. Kapitel 3.1.2.4).

Signal „s4\_bells“ wird von TP1 als angenehm im Sinne von gut hörbar betitelt. Selbst bei schwindender Hörfähigkeit würde der UI Sound „eindringlich“ klingen (persönliche Kommunikation, 12. Juli 2023, I. 5). Mit dem letzten Adjektiv stimmt TP4 inhaltlich überein und ergänzt jedoch, dass es nicht für eine Notsituation geeignet sei (persönliche Kommunikation, 18. Juli 2023).

Stimulus „s4\_synth“ wird von TP4 als spannend, im Sinne eines Ausdrucks des Erstaunens, berichtet und der Echo-Effekt wurde beschrieben, was zu Überlegungen über die Dringlichkeitsabstufungen zwischen den Szenarien führt (persönliche Kommunikation, 18. Juli 2023).

Schließlich durchkreuzt „s4\_tfg“ die Meinungen: TP1 empfindet den Ton als „stark“ (vgl. Kapitel 5.4.1). TP4 jedoch empfindet den Ton als weniger dringlich, aber dennoch auffallend durch sein Echo-Effekt (persönliche Kommunikation, 18. Juli 2023).

#### **5.4.3 Ergebnisse der Szenarien Zuordnung (F1.2)**

Die Daten der Forschungsfrage F1.2 wurden vorwiegend quantitativ erhoben. Alle qualitativen Aussagen zu den erwähnten Stimuli finden sich im vorigen Unterkapitel 5.4.2.

In Tabelle 11 veranschaulicht die quantitative Evaluation der Forschungsfrage F1.2, in der es um die Zuordnung der 20 UI Sounds geht und fokussiert sich auf die quantitative Auswertung der Zuordnung der 20 UI Sounds zu den vorgegebenen Szenarien: W1, A2, W3 und S4. Die Tabelle beinhaltet folgende Metriken:

- „korrekt zugeordnet“ (n und %): Diese Spalten präsentieren die Menge und den Prozentsatz der Testuser\*innen, welche den UI Sound korrekt dem vorgegebenen Szenario zugeordnet haben.
- „häufigste Zuordnung zu Szenario“ (n und %): Diese Spalten offenbaren die Anzahl und den Prozentsatz der Testpersonen, die den betreffenden UI Sound am häufigsten einem spezifischen Szenario zuordnen.

## 5 Ergebnisse - Ergebnisse Mixed Methods Triangulation

- „subj. Sicherheit (1-6)" (mw und SD): Hier sind die subjektiven Sicherheitsbewertungen (1 = sehr unsicher; 6 = sehr sicher) in den letzten beiden Spalten mittels Mittelwerten und Standabweichungen aufgeführt (siehe Forschungsfrage F1.2. in Kapitel 1.2).

Für jedes Szenario sind fünf verschiedene Sounds („tfg“, „beeps“, „synth“, „alarm“, „bells“) evaluiert. Ebenso ist zu erwähnen, dass die Spalte „häufigste Zuordnung zu Szenario“ auch Mehrfachnennungen der Szenarien aufweist, wenn der gehörte UI Sound mit gleicher Häufigkeit unterschiedlichen Szenarien zugeordnet wurde.

**Tabelle 11**

*Quantitative Auswertung F1.2 Ordnen Sie den UI Sound Szenario 1-4 zu*

F1.2: Szenarien

Zuordnung

Szenario	W1	korrekt zugeordnet		häufigste Zuordnung zu Szenario		subj. Sicherheit (1-6)		
		n	%	n	%	mw	SD	D
		w1_tfg	4	57	W1	4	57	4,6
<b>Szenario A2</b>								
w1_beeps	1	14	A2	4	57	4,3	1,0	1
w1_synth	0	0	S4	4	57	4,1	0,7	1
w1_alarm	0	0	W3	4	57	4,0	1,2	1
w1_bells	1	1	A2/W3/S4	2	29	4,4	0,5	1
<b>Szenario W3</b>								
w3_tfg	2	29	W1	4	57	4,6	1,0	1
w3_beeps	4	57	W3	4	57	4,3	1,3	0
w3_synth	2	29	W1/W3/S4	2	29	4,3	0,8	1
w3_alarm	1	14	W1/A2	3	43	5,0	1,0	1
w3_bells	0	0	S4	4	57	4,7	0,5	1
<b>Szenario S4</b>								
s4_tfg	5	71	S4	5	71	4,7	1,0	0
s4_beeps	3	43	S4/W1	3	43	4,6	0,5	1
s4_synth	1	14	W1/W3	3	43	4,1	1,2	1
s4_alarm	1	14	W3	6	86	4,0	1,0	1
s4_bells	0	0	W1/W3	3	43	4,3	1,1	1

*Anmerkung. D repräsentiert die Diskrepanz, H repräsentiert „häufigste Zuordnung zu Szenario“, K repräsentiert „korrekt zugeordnet zu Szenario“. D = {1, wenn H ≠ K; 0, wenn H = K} Diskrepanz = {1, wenn H=K; 0, wenn H≠K}*

Im Szenario W1 wird veranschaulicht, dass der UI Sound „w1\_tfg“ mit einer Erkennungsrate von 57 % und einer subjektiven Sicherheit von 4,6 (SD = 0,8) am häufigsten korrekt zugeordnet wurde. Im Gegensatz dazu wurden „w1\_beeps“, „w1\_synth“ und „w1\_alarm“ in größerem Maße anderen Szenarien zugeordnet. Speziell „w1\_synth“ und „w1\_alarm“ wurden von keiner der Testuser\*innen korrekt

zugeordnet, was sich auch in einer niedrigeren subjektiven Sicherheit niederschlägt.

Im Szenario A2 wurden „a2\_alarm“ und „a2\_synth“ am häufigsten korrekt erkannt, beide mit einer subjektiven Sicherheit von 5,0, aber unterschiedlichen Standardabweichungen. Hier scheint die spezifische Klanggestaltung den Testuser\*innen eine höhere Sicherheit vermittelt zu haben.

Bei W3 wurde der UI Sound „w3\_beeps“ mit einer Zuordnungsrate von 57 % und einer subjektiven Sicherheit von 4,3 (SD = 1,3) am besten erkannt. Hier ergab sich ebenso eine Konsistenz zwischen der korrekten und der am häufigsten vorgenommenen Zuordnung, beides korrespondierte mit Szenario W3. Dies ist außerdem von Belang, da „w3\_beeps“ identisch mit „s4\_alarm“ aus S4 ist (vgl. Kapitel 3.2.2.1).

Für S4 zeigte „s4\_tfg“ die höchste Erkennungsrate mit 71 % und einer subjektiven Sicherheit von 4,7 (SD = 1,0) und fiel damit sowohl in der korrekten als auch in der am häufigsten vorgenommenen Zuordnung mit Szenario S4 zusammen. Der UI Sound „s4\_alarm“, welcher aufgrund der oben beschriebenen Produktionsfehler identisch mit „w3\_beeps“ ist, wurde lediglich von 14 % der Testuser\*innen korrekt zugeordnet und wies eine niedrige subjektive Sicherheit von 4,0 (SD = 1,0) auf.

Dieser Fakt spiegelt sich ebenfalls in den vorliegenden quantitativen Daten wider: Der „s4\_alarm“ UI Sound, wurde als weniger passend für S4 empfunden. Dies manifestiert sich in Schritt 2 des moderierten User\*innentest (Ranking) in 6 Nennungen auf den Rängen 4 und 5 (siehe Tabelle 10).

Die Ergebnisse zu F1.2 lassen sich zusammenfassend als eine deutliche Diskrepanz in der Erkennungsleistung der verschiedenen UI Sounds beschreiben. Dies gilt sowohl innerhalb als auch zwischen den Szenarien. Lediglich die Stimuli „w1\_tfg“, „a2\_synth“, „a2\_alarm“, „a2\_bells“, „w3\_beeps“ und „s4\_tfg“ wurden so zugeordnet, wie es vom Autor vorgesehen war.

#### **5.4.4 Zusammenhänge zwischen Geschlecht, Lebensalter und dem Antwortverhalten (F1.3)**

Im Rahmen der Untersuchung der Forschungsfrage 1.3 und der zugehörigen Hypothesen H1.3 und H1.3.1 erweist sich die Analyse in der Stichprobe als problematisch, da die Merkmale in der Stichprobe kleiner und ungleich verteilt sind. Die Geschlechterverteilung der Stichprobe charakterisiert sich durch 2 weibliche und 5 männliche Testuser\*innen.

Das jeweilige Lebensalter variiert hierbei zwischen 60 und 80 Lebensjahren, eine Testuser\*in mit 80 Lebensjahren und sechs Testuser\*innen im Alter von 60 bis 75 Lebensjahren. Die Mittelwertvergleiche zeigen keine signifikanten Unterschiede weder in der Sicherheit der Einschätzung der Zuordnung noch der korrekten Zuordnung in Bezug auf das Geschlecht. Es gibt zwei UI Sounds, bei denen ein signifikanter Unterschied beobachtet werden kann, wenn man die Testuser\*innen in zwei Gruppen, einmal „< 70 Lebensjahre“ (n=3) und „≥ 70 Lebensjahre“ (n=4), einteilt. Bei Variable „s4\_beeps“ wurde keiner der 3 von der Gruppe unter 70 Jahren korrekt erkannt, während 3 von 4 von der Gruppe 70 Jahre und älter korrekt erkannt wurden ( $p=0,052$ ). Bei „w3\_tfg“ wurden 2 von 3 korrekt von der Gruppe unter 70 Jahren erkannt, während 0 von 4 von der Gruppe 70 Jahre und älter korrekt erkannt wurden ( $p=0,062$ ).

#### **5.4.5 UI Sounds & Dialog zur Vermittlung des zweiten Szenario Inhalts (F2)**

Im Rahmen der Evaluation der Eignung von UI Sounds zur Vermittlung des Inhalts im Zusammenhang des zweiten Szenarios zeigt sich ein mehrheitlich kohärentes Bild. Von den sieben Testuser\*innen präferierten sechs die Kombination des „Amazon Alexa“ Dialogs und der UI Sounds aus den fünf Soundpacks gegenüber einer rein dialogbasierten Darstellung.

Die Auswertung der qualitativen Ergebnisse (vgl. Forschungsfrage 2.2 in Kapitel 1.2) lässt eine Anzahl von ergänzenden Faktoren erkennen, die die Wahl der Ton-Dialog-Kombination und der damit verbundenen Szenarien beeinflussen. Dabei gilt es zu beachten, dass sich die qualitativen Aussagen nicht auf spezifische Stimuli beziehen, sondern generell zur Kategorie „Begründung für die Wahl Szenario A2“ (siehe Tabelle 6) mit den entsprechenden Codes gehören.

Code: „BWS\_Wahrnehmungsverständnis“ (siehe Tabelle 6)

TP3 betont, dass ein „komischer Ton“ effektiver sein könnte als nur eine verbale Ansage des SC2, insbesondere wenn sich die Person in einem anderen Stockwerk des Hauses befindet, könnte man durch den Ton besser auf sich aufmerksam

machen (persönliche Kommunikation, 13. Juli 2023, l. 18). TP7 hingegen betont die Eindringlichkeit des Klanges als Mittel der Kommunikation (persönliche Kommunikation, 27. Juli 2023).

Code: „BWS\_Emotionaler\_Eindruck“ (siehe Tabelle 6)

TP5 drückt aus, dass ein eindringliches Geräusch wünschenswert ist, aber nicht in einer Weise, dass es Angst erzeugt oder den Blutdruck erhöht. Dies spiegelt den Wunsch nach einem Gleichgewicht zwischen Aufmerksamkeit und emotionalem Wohlbefinden wider (persönliche Kommunikation, 27. Juli 2023).

TP4 bevorzugt ein reines Klangerlebnis ohne verbale Kommunikation, weil er Stimmen als störend empfindet (persönliche Kommunikation, 18. Juli 2023).

TP6 befürwortet ebenfalls den Einsatz von Klängen, insbesondere in Szenario A2, da sie auch psychologische Reaktionen auslösen können (persönliche Kommunikation, 27. Juli 2023).

Code: „BWS\_Assoziationen“ (siehe Tabelle 6)

TP4 findet, dass Klänge leichter zu assoziieren sind als verbale Botschaften (persönliche Kommunikation, 18. Juli 2023).

TP5 fügt hinzu, dass Klänge nicht mit Alltagsgeräuschen wie einer Waschmaschine oder einem Küchenwecker verwechselt werden sollten (persönliche Kommunikation, 27. Juli 2023).

TP6 bringt schließlich die Verbindung mit bestimmten, bereits bekannten Geräuschen wie einer Sirene oder den Sirenengeräuschen amerikanischer Polizeiautos ein (persönliche Kommunikation, 27. Juli 2023).

Nur ein/e Testuser\*in entschied sich für die Kategorie „Sonstiges“. Diese spezifische Wahl wurde weiter qualifiziert durch die Darlegung, dass eine Präferenz für die Wahrnehmung von reinen Tönen gegenüber Dialogen besteht. begründet wurde dies mit der potenziell irritierenden Wirkung von Stimmen (TP4, persönliche Kommunikation, 18. Juli 2023, l. 100–102).

### 5.4.6 Ergebnisübersicht

Im Zuge einer detaillierten Analyse und Evaluierung der generierten Daten mit Hilfe eines Mixed-Methods-Ansatzes lassen sich bestimmte Stimuli als bevorzugte Wahl für das Szenario SC2 identifizieren. Die folgende Übersicht bietet eine konsolidierte Darstellung der Ergebnisse, systematisch gruppiert nach den jeweiligen Szenarien. Innerhalb eines Szenarios werden die bevorzugten Stimuli sowohl im Kontext des Rankings als auch im Kontext der Szenario Zuordnung dargestellt. Ergänzt wird diese Struktur jeweils durch die Kategorie, zu der die meisten qualitativen Aussagen zugeordnet wurden. Darüber hinaus werden die entsprechenden Codes und beispielhafte Inhalte der qualitativen Daten bei einer Stichprobengröße (N = 7) angegeben.

#### Szenario W1

##### F1 Rangfolgen

- Stimulus: „w1\_beeps“
  - 5 von 7
  - Kategorie: Klang-Assoziationen
  - Code: KA\_Notfallsituation
  - Beispiele: medizinische Konnotation; eingehend; löst Unbehagen aus

##### F1.2 Szenarien Zuordnung

- Stimulus: „w1\_tfg“
  - 4 von 7
  - Kategorie: Feedback zu Stimuli
  - Code: FS\_w1\_tfg-3A5B
  - Beispiele:

#### Szenario A2

##### F1 Rangfolgen

- Stimulus: „a2\_synth“
  - 6 von 7
  - Kategorie: Wahrnehmung der Dringlichkeit
  - Code: WD\_Hoch (sehr dringlich)
  - Beispiele: hohe Dringlichkeit, Gefahr, Polizeisirenen

##### F1.2 Szenarien Zuordnung

- Stimulus: „a2\_alarm“

- 5 von 7
- Kategorie: Wahrnehmung der Dringlichkeit
- Code: WD\_Hoch (sehr dringlich)
- Beispiele: Achtung, Alarm, Science Fiction Fluchtszene

### **Szenario W3**

#### F1 Rangfolgen

- Stimulus: „w3\_bells“
  - 4 von 7
  - Kategorie: Klang-Assoziationen
  - Code: KA\_Glockenklänge
  - Beispiele: spirituell, Dalai Lama, nicht für Notfälle geeignet

#### F1.2 Szenarien Zuordnung

- Stimulus: „w3\_beeps“
  - 4 von 7
  - Kategorie: Klang-Assoziationen
  - Code: KA\_Natur+Umwelt
  - Beispiele: schrill, Vogel, nicht dringlich

### **Szenario S4**

#### F1 Rangfolgen

- Stimulus: „s4\_bells“
  - 4 von 7
  - Kategorie: Wahrnehmung der Dringlichkeit
  - Code: WD\_Niedrig (nicht dringlich)
  - Beispiele: gut hörbar, eindringlich, nicht für eine Notsituation

#### F1.2 Szenarien Zuordnung

- Stimulus: „s4\_tfg“
  - N = 5
  - Kategorie: Wahrnehmung der Dringlichkeit
  - Code: WD\_Mittel (ziemlich dringlich)
  - Beispiele: hat Tiefe, lang hörbar, nicht dringlich

Diese Daten werden im anschließenden Diskussionsteil kritisch reflektiert.

# 6 Diskussion & Conclusio

Im folgenden Kapitel werden die mehrschichtigen messtechnischen und klanggestalterischen Erkenntnisse dieser Arbeit in einer umfassenden Diskussion und einem abschließenden Fazit zusammengeführt. Zu Beginn der Diskussion werden einzelne Aspekte der Studie beleuchtet, wobei sowohl die räumlichen Parameter der Testumgebungen als auch die Eigenheiten und möglichen Fehler der Stimuli berücksichtigt werden. Die Rolle der Schwerhörigkeit als möglicher Störfaktor wird nicht außer Acht gelassen. Ebenso wird die Wahl der Methodik, insbesondere die Verwendung einer Triangulation MMR, kritisch reflektiert. Dies bildet das Fundament für die weitere Betrachtung des Feedbacks auf die Stimuli und deren Eignung in verschiedenen Szenarien anhand des dreigliedrigen moderierten User\*innentest. Hier werden die Rangfolgen der UI-Sounds und deren Zuordnung zu den Szenarien miteingeschlossen, um eine ganzheitliche Betrachtung des Nutzererlebnisses zu ermöglichen.

Darüber hinaus wird die Analyse der Ergebnisse in den Kontext von Geschlecht, Alter und Antwortverhalten der Teilnehmer gestellt. Dies ermöglicht eine facettenreiche Analyse der Daten und deckt Zusammenhänge auf. Spezifische Fragen, z. B. warum bestimmte Szenarien wie A2 in der Studie von F2 im Vordergrund stehen oder warum nicht mehr UI-Sounds einbezogen wurden, werden ebenfalls diskutiert.

Schließlich werden die Limitationen dieser Studie aufgezeigt, um einen realistischen Rahmen für die Interpretation der Ergebnisse zu schaffen.

Die Schlussfolgerung bildet den letzten Abschnitt dieses Kapitels. Sie fasst die wichtigsten Ergebnisse zusammen und wirft einen Blick auf mögliche Implikationen für die Forschung und die Praxis.

## 6.1 Diskussion

Die Reihenfolge der einzelnen Punkte orientiert sich an der Reihenfolge der Ergebnisse in Kapitel 5.

### Diskussion des Lautsprechertests

Bei Betrachtung des Frequenzgangs des „Echo Dots“ sind Übereinstimmungen zwischen den beiden Messungen zu sehen, die als Messung 1 (in Violet) und Messung 2 (in Rot) dargestellt sind (siehe Abbildung 10). Die annähernde Gleichheit der Frequenzbereiche legt nahe, dass der LS primär in diesen spezifischen Frequenzbereichen von ca. 100 Hz bis ca. 15 kHz für die Klangwiedergabe geeignet ist.

Die in Kapitel 5.1 gezeigten Ergebnisse der Frequenzbereich der Soundpacks ermöglichen Einblicke in die spektralen Eigenschaften der verschiedenen Soundpacks im Vergleich zum Frequenzgang des „Amazon Echo Dots“. Dabei zeigt sich, dass alle Soundpacks überwiegend im operativen Frequenzbereich des LS liegen, was eine zentrale Voraussetzung für die adäquate Wiedergabe der UI-Sounds durch den LS ist. Lediglich die Soundpacks TFG und BELLS weisen Frequenzen auf, die den oberen Grenzbereich des LS leicht überschreiten (vgl. Anhang F). Obwohl die Abweichungen nur geringfügig sind, könnten sie dennoch in spezifischen Anwendungsgebieten eine Rolle spielen, insbesondere wenn eine exakte Wiedergabe der hohen Frequenzen kritisch ist. Andererseits werden besagte Frequenzen von der Zielgruppe altersbedingt nicht mehr wahrgenommen und es könnte sich bei zukünftigen UI Sound-Produktionen mehr auf oberen Mitten und die mittleren Frequenzbereiche konzentriert werden.

### Diskussion der Raumparameter der Testumgebungen

Die Werte der Nachhallzeit, also die Zeit, bis der Klang um 60 dB gesunken ist, variieren erheblich (siehe Kapitel 5.2). Von 0,22 Sekunden im Raum, in dem TP5-7 befragt wurden bis zu 2,02 Sekunden im Raum von TP2+3. Dies stellt einen deutlichen Nachweis für heterogene akustische Bedingungen dar und keine Laborbedingungen. Der Einfluss der Nachhallzeit (RT60) auf die Wahrnehmung der abgespielten UI Sounds und damit auf die MMI sollte nicht unterschätzt werden, besonders bei der Zielgruppe, die möglicherweise auch Hörschwächen aufweisen kann. Insbesondere bei TP1 und TP5, die jeweils die Frage nach Vorliegen einer Hörschwäche mit ja beantwortet haben. Die Unterschiede in der Nachhallzeit könnten somit als eine weitere Störvariable angesehen werden, die die Generalisierbarkeit der Ergebnisse beeinträchtigen könnte. Die akustischen Bedingungen können grundsätzlich die Wahrnehmung und Beurteilung der UI Sounds beeinflussen, jedoch wurde durchschnittlich mit 73,86 dB(A) abgehört (vgl.

Anhang E), was mit der Lautstärke in einem Großraumbüro oder einer Waschmaschine im Schleudergang verglichen werden kann (HÖREX Hör-Akustik eG, 2023). Alle Fenster in allen Räumen waren stets geschlossen und es wurden keine Störgeräusche wahrgenommen. Die Ohr-zu-LS-Distanz der Testuser\*innen betrug im Durchschnitt 2 m (siehe Tabelle 4). Die Geräusche einer Waschmaschine im Schleudergang sind auch noch mit 2 m Entfernung zu hören. Wie auch die UI Sounds beim LS des SC2, egal wie hallig und unterschiedlich die vier Räumlichkeiten sind. Dagegen spricht hier jedoch, dass die RT60-Messung durch eine rudimentäre, nicht geeichte „iPhone“ Applikation durchgeführt wurde, welche lediglich erste Eindrücke der RT60 eines Raums zulässt und dies auch die eigentliche Anforderung darstellt. Für die Unterschiede in den RT60-Werten könnte sprechen, dass so eine ökologische Validität gegeben ist, da der modierte User\*innentest die tatsächlichen Bedingungen widerspiegelt, unter denen die Zielgruppe den SC2 nutzen würde.

### 6.1.1 Diskussion Fehler Stimuli

Die empirischen Ergebnisse legen somit nahe, dass die fehlende Differenzierung in der Klanggestaltung einen direkten Einfluss auf die wahrgenommene Eignung bestimmter Sounds für das jeweilige Szenario haben könnte. Der Hintergrund des Fehlers bei der Produktion der UI Sounds liegt primär in der Produktionsweise von UI Sounds, die S4 zugeordnet wurden (siehe Kapitel 3.2.2.1).

Bei der Auswertung der quantitativen, wie auch qualitativen Ergebnisse von „s4\_alarm“ und „w3\_beeps“ wird deutlich, dass sich aufgrund der Nichtanwendung des Echo-Effekts bei „s4\_alarm“ während der Produktionsphase (siehe Kapitel 3.2.2.1) Defizite im Ergebnisteil bemerkbar machen. Durch den identischen Klang gibt es sodann Mängel in der akustischen Differenzierung, was einen wesentlichen Einfluss auf die subjektive Eignung der UI Sounds für die jeweiligen Szenarien zu haben scheint.

Die Folgen dieser mangelnden Differenzierung sind nicht zu vernachlässigen, da sie die Zuverlässigkeit der Szenarien Zuordnung und damit das intuitive User\*innen Erlebnis beeinträchtigt. Die beiden UI Sounds werden jedoch für weiterführende Forschungsmöglichkeiten so differenziert, dass der Fehler von der Produktionsseite ausgehend behoben sein wird.

### 6.1.2 Diskussion Schwerhörigkeit

Die Angaben hinsichtlich der Schwerhörigkeit von TP1 und TP6 implizieren die Notwendigkeit, diese Faktoren als potenzielle Störvariable in der Interpretation der Studienergebnisse zu berücksichtigen. Insbesondere eröffnet die variable Hörfähigkeit der Testuser\*innen ein komplexes Zusammenspiel mit der Rezeption

und Interpretation der akustischen Stimuli. Diese Variable hat das Potenzial, die Reaktionen auf unterschiedliche akustische Reize zu modulieren und könnte damit auch die gesammelten Daten in einer Weise verzerrn, die die Validität der Studie beeinträchtigt. Es wurde zwar im moderierten User\*innentest erfasst, jedoch nicht quantitativ. Dadurch sollten zukünftige Studien in diesem Bereich die Hörfähigkeit der Testuser\*innen weiter priorisieren und bspw. durch audiometrische Tests im Vorfeld der eigentlichen Studie. Da dieser Aspekt bereits im Vorfeld bekannt war, ist diese Thematik zusätzlich noch in Thema der Limitation, da die Ressourcen für eine Durchführung eines Hörtests von Fachpersonal durchgeführt werden müsste, was bei der vorliegenden Arbeit nicht der Fall ist.

### **6.1.3 Diskussion Rangfolge UI Sounds (F1)**

Die Ergebnisse der Rangfolge der UI Sounds offenbart eine differenzierte Wahrnehmung in der Testuser\*innen. Eine Reihe von UI Sounds zeigte eine klare Szenarien Zuordnung, während andere eine breitere Streuung im Ranking erfahren haben. Insbesondere im Kontext von Szenario W1 (siehe Abbildung 2) deutet die gleichmäßige Verteilung der Rangfolge auf eine weniger eindeutige Wahrnehmung hin, was auf zukünftige empirische Analysen hindeutet.

Interessante Erkenntnisse ergaben sich auch für den Stimulus „w1\_synth“, bei dem der Echo-Effekt als positiv für die User\*innen Experience bewertet wurde. Dies legt nahe, dass die Integration bestimmter Klangmerkmale, wie dem Echo, die User Experience potenziell verbessern könnte. Dagegen gab es für den Stimulus „w1\_tfg“ keine qualitativen Aussagen, was dieses Element zu einem potenziellen Punkt für weitere Untersuchungen macht.

Die homogene Wahrnehmung einer intensiven Dringlichkeit bei „a2\_synth“ und „a2\_alarm“ unterstreicht die Effektivität dieses Klangs in Gefahrensituationen, wobei jedoch die potenzielle Induktion von Stress als Limitation beachtet werden sollte. In ähnlicher Weise war der Stimulus „a2\_tfg“ zu ungenau in seinem Klangcharakter, um korrekt zugeordnet zu werden, was die Notwendigkeit einer weiteren Feinabstimmung unterstreicht.

Andere Stimuli wie „a2\_bells“ und „a2\_beeps“ zeigten, dass die Wahrnehmung dieser Klänge von alltäglichen Kontexten bis hin zu einer schnellen und dringenden Reaktion variieren kann und somit nachgeschärft werden sollte. Bei Szenario W3 (siehe Abbildung 4) beispielsweise deutet die ambivalente Wahrnehmung von „W3\_beeps“ auf die Herausforderungen in der Entwicklung von UI-Sounds hin, insbesondere wenn es um die Abstimmung der wahrgenommenen Dringlichkeit geht.

Die Klangqualität von „s4\_alarm“ wurde, wie in Kapitel 3.1.2.4 normativ beschrieben, nicht als dringlich wahrgenommen, sondern trug assoziative oder semantische Bedeutungen. Die Stimuli „s4\_beeps“ und „s4\_synth“ jedoch wurden mit unterschiedlichen Dringlichkeitsabstufungen in Verbindung gebracht. Diese Befunde unterstreichen, dass die Zuordnung von Klängen zu spezifischen Szenarien nicht nur von objektiven Klangparametern, sondern auch von subjektiven und kontextuellen Faktoren beeinflusst wird.

In Anbetracht der vielschichtigen Wahrnehmungsunterschiede und der breiten Streuung in den Rankings für bestimmte User-Interface-Sounds eröffnet sich die Perspektive, dass eine mögliche Individualisierbarkeit der UI-Sounds als ein vielversprechender Forschungsbereich betrachtet werden könnte. Die Möglichkeit der Personalisierung als eine Vorstufe würde es den User\*innen erlauben, UI Sounds aus diversen Soundpacks eigenständig zusammenzustellen. Individualisierbarkeit wäre noch einen Schritt weiter, da sodann akustische Signale nach individuellen Vorlieben und Bedürfnissen anpassbar wären, was potenziell die User\*innen Experience und die Effektivität des Systems verbessern könnte.

Darüber hinaus impliziert die Uneindeutigkeit der Wahrnehmung von manchen UI Sounds die Notwendigkeit, dass die Stimuli noch differenzierter gestaltet sein sollten. Diese Differenzierung würde es den User\*innen ermöglichen, die verschiedenen Tonsignale zu erlernen und in der Folge adäquat zuzuordnen.

#### **6.1.4 Diskussion Szenarien Zuordnung (F1.2)**

In der Untersuchung der Zuordnung der UI Sounds zu spezifischen Szenarien stellte sich heraus, dass die Zuordnungsrate sowie die subjektive Sicherheit bei „s4\_alarm“ suboptimal waren. Stattdessen wurde beschriebener UI Sound 6 mal W3 (siehe Abbildung 4) zugeordnet, womit der Fehler in der Stimuli Produktion zu belegen ist, da „w3\_beeps“ identisch mit „s4\_alarm“ ist. Ein naheliegender Erklärungsansatz für diese niedrigen Werte ist somit die fehlende Implementierung des Echo-Effekts, der in Kapitel 3.1.2.4 vorgesehen war. Diese Beobachtung legt nahe, dass bei der Produktion der UI Sounds noch mehr klangliche Kontrollen durch eine zweite Person der Stimuli stattfinden müssen, um diesen Fehler zukünftig vermeiden zu können. Nichtsdestotrotz ist der eigentliche „w3\_beeps“ Klang unter den besten bei der Szenario Zuordnung, was klanggestalterisch für ihn spricht.

Darüber hinaus weisen die Ergebnisse in Tabelle 11 auf Unstimmigkeiten zwischen der beabsichtigten und der von den Testuser\*innen wahrgenommenen Zuordnung zu Szenarien hin (Spalte „häufigste Zuordnung zu Szenario“). Diese Diskrepanz könnte auf eine mangelnde Klarheit in der akustischen Kommunikation

der Szenarien zurückzuführen sein, was wiederum die Notwendigkeit einer präziseren klanglichen Gestaltung in zukünftigen Studien unterstreicht. Im Anschluss an die deskriptive Analyse der Tabellendaten lässt sich feststellen, dass bestimmte Stimuli als Indikatoren für eine hohe Zuordnungsgenauigkeit innerhalb ihrer jeweiligen Szenarien dienen könnten. Hierbei zeigte sich auch eine subjektive Sicherheit zwischen 4,0 und 5,0 auf einer Skala von 1 bis 6. Dies deutet auf ein hohes Maß an Sicherheit seitens der Testuser\*innen hin, was wiederum die Relevanz der Stimuli für die jeweiligen Szenarien untermauert.

Zusammenfassend illustrieren die Befunde die Komplexität der klanglichen Zuordnungsmechanismen und heben die Notwendigkeit hervor, klangliche Merkmale des UI Sounddesigns in der Forschungsdesignphase stärker zu gewichten, um so die Informationsübermittlung und User\*innen Erfahrung zu optimieren.

### **6.1.5 Diskussion Dialog und UI Sounds oder nur Dialog (F2)**

Die Befunde im Bereich F2 zur Eignung von UI-Sounds und der Dialog-Stimme zur Vermittlung des Inhalts des zweiten und dringlichsten Szenarios offenbaren recht eindeutige Tendenzen, die von erheblicher Relevanz für die Gestaltung von Auditory Displays für die Zielgruppe sein könnten.

Die Klarheit dieser Ergebnisse legt nahe, dass die Kombination von UI-Sounds und Dialog einen substantiellen Einfluss auf die Effizienz und User\*innen Freundlichkeit einer Schnittstelle haben können.

### **Diskussion der Befunde aus der Untersuchung zu F1.3**

Die Ergebnisse, die im Rahmen der Forschungsfrage F1.3 weisen auf interessante, jedoch nicht statistisch signifikante Differenzen zwischen den Altersgruppen in der Wahrnehmung und Interpretation von UI-Sounds hin (siehe Kapitel 5.4.4). Dennoch könnte es tatsächlich substantielle Unterschiede zwischen den Altersgruppen geben, die aufgrund der Limitationen der aktuellen Studie, wie etwa der Stichprobengröße oder der Variabilität innerhalb der Altersgruppen, nicht vollständig erfasst wurden. Dies impliziert, dass zukünftige Studien, möglicherweise mit einer größeren und diverseren Stichprobe, erforderlich sind, um diesen Trend weiter zu untersuchen und die praktischen Implikationen zu bewerten.

Hierbei könnte auch die Verknüpfung weiterer demografischer und psychografischer Variablen von Interesse sein, um ein umfassenderes Verständnis der Faktoren zu erlangen, die die Wahrnehmung und Interpretation von UI-Sounds beeinflussen.

### **Diskussion des A2-Szenarios bei der Untersuchung zu F2**

Im Rahmen der empirischen Erörterung kann sich die Frage stellen, warum bei Forschungsfrage F2 lediglich das Szenario A2 (siehe Abbildung 2) untersucht wurde. Eine der wesentlichen Überlegungen ist die mögliche Redundanz, die entstehen könnte, wenn alle vier Haupt-Szenarien in zwei Varianten getestet werden. Das könnte zu Ermüdungserscheinungen bei den Testuser\*innen führen, die die Qualität der erhobenen Daten beeinträchtigen könnte. Insbesondere wurde das A2-Szenario als das dringlichste und wichtigste deklariert und es kann als repräsentatives Modell für die Untersuchung der Wirksamkeit von UI Sounds in hohen Dringlichkeitskontexten dienen. Durch die Fokussierung auf das dringlichste Szenario lässt sich die Studie zudem effizienter und fokussierter durchführen mit dem Ergebnis, dass 6 von 7 Testuser\*innen Dialog und UI Sounds in Kombination präferieren.

### **Diskussion Mixed Methods Triangulation**

Das Mixed-Methods-Triangulationsdesign in dieser Arbeit verdient Beachtung, da trotz begrenzter Stichprobengröße eine tiefsschürfendere Untersuchung der Testuser\*innen Bewertungen der UI-Sounds ermöglicht hat. Die Triangulation erlaubt eine konzertierte Betrachtung qualitativer und quantitativer Daten, was zu einer reichhaltigeren und differenzierteren Interpretation führt. Die gleichwertige Gewichtung beider Methodenansätze ermöglicht eine Verstärkung der individuellen Stärken und eine Kompensation der jeweiligen Schwächen, wodurch die Aussagekraft und Validität der gesammelten Ergebnisse erhöht werden.

In diesem Kontext hat die Mixed-Methods-Triangulation nicht nur dazu beigetragen, die quantitative Datenanalyse durch qualitative Erkenntnisse zu ergänzen und zu vertiefen, sondern auch den methodischen Pluralismus gefördert. Dies hat sich als besonders wertvoll in der Beantwortung von Forschungsfragen erwiesen, die eine komplexe Verortung und Bewertung von UI-Sounds erfordern. Daher bietet das Triangulationsdesign einen vorteilhaften methodologischen Rahmen für die ganzheitliche Analyse solch komplexer Phänomene und sollte bei zukünftigen Forschungsbemühungen in Betracht gezogen werden.

### 6.1.6 Limitationen

Die vorliegende Studie weist mehrere Limitationen auf, die bei der Interpretation der Resultate und bei der Planung zukünftiger Forschungsarbeiten berücksichtigt werden sollten.

Erstens ist die geringe Stichprobengröße zu nennen, die die statistische Power und somit die Sensitivität der Tests zur Identifizierung von Unterschieden einschränkt. Eine Erhöhung der Stichprobengröße würde die Robustheit der Ergebnisse stärken.

Zweitens könnten kulturelle Unterschiede in der Wahrnehmung von Klang die Generalisierbarkeit der Befunde beeinträchtigen. Diese Variable wurde in der Studie nicht explizit berücksichtigt und stellt somit eine potenzielle Störvariable dar.

Drittens variierte die Vorerfahrung und damit der mögliche Bias der teilnehmenden Zielgruppe. Einige der Testuser\*innen hatten bereits Erfahrung mit Staubsaugerrobotern oder waren mit dem SC1- oder SC2-Projekt vertraut, während andere einen musikalischen Hintergrund hatten. Diese Heterogenität könnte die Vergleichbarkeit der Antworten beeinflusst haben.

Viertens wurde Schwerhörigkeit in der Evaluation aus Gründen des Umfangs und Fehlen von Fachpersonal niedriger priorisiert. Zukünftige Studien sollten die Akzeptanz von UI-Sounds bei Schwerhörigen und „Nicht Digital Natives“ erforschen, etwa durch physiologische Messungen wie Audiogramme.

Fünftens, trotz der Verwendung von Google Forms als UmfrageTool, welches sich als praktikabel und kosteneffektiv erwiesen hat, gab es Einschränkungen hinsichtlich der Audioqualität und Funktionalitäten wie der Randomisierung von Items. Andere Tools wie LimeSurvey waren entweder nicht verfügbar oder wiesen technische Limitationen wie eine eingeschränkte Audioformat-Unterstützung auf.

Diese Limitationen sollten bei der Interpretation der aktuellen Ergebnisse und bei der Konzeption zukünftiger Studien im Bereich der UI-Soundforschung berücksichtigt werden.

## 6.2 Conclusio

Die vorliegende Arbeit leistet einen wesentlichen Beitrag zur Förderung der individuellen Autonomie älterer Personen durch die Entwicklung und Evaluierung von User Interface Sounds im Kontext des Smart Companion 2 (SC2) Projekts. Die primäre Zielsetzung des SC2, die Senkung des Sturzrisikos, wurde durch die Integration eines Staubsaugroboters und eines montierten „Amazon Echo Dots“ angestrebt. Besondere Aufmerksamkeit wurde der Konzeption und Testung von User Interface Sounds gewidmet, die als ergänzende Kommunikationsmittel dienen.

Die Kombination im dringlichsten Szenario A2 ist deutlich bei „Dialogstimme und UI Sounds“ (6 von 7 Stimmen). Acht favorisierte Sounds wurden durch die Szenarien Zuordnung und die Rangfolgen für die vier Szenarien des SC2 ermittelt, wobei jeweils zwei Sounds pro Szenario ausgewählt wurden. Diese Stimuli müssen nicht zwingend eins zu eins implementiert werden, sondern lassen Raum für Anpassungen in Klangfarbe, Tonhöhe oder Lautstärke. Die Analyse zeigt, dass die Wahrnehmung von User Interface Sounds stark von Faktoren wie Dringlichkeit, Emotionalität und technischer Praktikabilität abhängt.

Die Arbeit baut explorativ auf dem Gebiet der "Auditory Displays" (Kramer et al., 1994) auf und identifiziert potenzielle Anwendungsgebiete für UI Sounds. Normen, insbesondere im medizinischen Kontext, könnten in zukünftigen Forschungsansätzen berücksichtigt werden, um eine standardisierte Interpretation der Sounds sicherzustellen.

Die Ergebnisse legen die Entwicklung von personalisierten Soundpacks nahe, besonders für Menschen mit eingeschränkter Hörfähigkeit und ältere Personen. Die Implementierung von UI Sounds kann die Benutzerfreundlichkeit und die Akzeptanz der Technologie erhöhen.

Die vorliegende Arbeit bietet eine solide Grundlage, jedoch sollten die diskutierten Limitationen (siehe Kapitel 6.1.6) in weiterführenden Studien berücksichtigt werden (siehe Kapitel 6.3).

Die Arbeit unterstreicht das Potenzial von UI Sounds zur Verbesserung der Lebensqualität und Autonomie älterer Menschen. Sie bietet auch eine multidisziplinäre Perspektive, die für die Weiterentwicklung der Forschung im Bereich der Auditory Human-Computer Interaction unerlässlich ist.

## 6.3 Weiterführende Forschung

Die vielschichtigen Implikationen der vorliegenden Arbeit eröffnen mehrere Richtungen für weiterführende Analysen. Es zeigt sich ein unmittelbarer Bedarf an einer detaillierteren Exploration der Zusammenhänge zwischen Geschlecht, Lebensalter und dem individuellen Antwortverhalten der Testuser\*innen. Angesichts des jew. Hörvermögens auf der einen Seite und ggf. kultureller Unterschiede in der Wahrnehmung und Bewertung von UI Sounds erscheint die Erarbeitung von personalisierten oder individualisierten Soundpacks als ein vielversprechendes Feld für zukünftige Studien. Dabei könnte der Fokus nicht nur bei älteren Menschen liegen, sondern auch Menschen mit Behinderungen unterschiedlichen Lebensalters mit einbeziehen.

In technologischer Hinsicht könnten zukünftige Entwicklungen auf eine noch modularere Gestaltung der Systeme abzielen. Zum Beispiel wäre es denkbar, Smart Speaker mit integrierten intelligenten persönlichen Assistenten (IPA) in verschiedenen räumlichen Kontexten, wie etwa im Badezimmer, zu platzieren. Diese Modularität könnte die User\*innen Experience und die Interaktion mit dem SC2 erheblich verbessern.

Die Möglichkeit der Personalisierung, Individualisierung und Differenzierung könnte daher ein ergiebiger Ansatz für künftige Forschungsarbeiten in diesem Bereich sein. Insbesondere erfordert die Entwicklung intelligenter akustischer Alarne eine multidisziplinäre Herangehensweise, die technische, ergonomische und akustische Aspekte integriert. Hierbei wäre es notwendig, interdisziplinäre Modelle zu entwickeln, die sowohl den Informationsgehalt als auch den wahrgenommenen Dringlichkeitsgrad der Alarne modulieren können. Die Komplexität dieser Herausforderung verlangt eine ergonomische Analyse der Anforderungen der User\*innen.

Schließlich sollte der zukünftige Forschungsfokus auf der Identifizierung derjenigen akustischen Eigenschaften und Konstrukte liegen, die am stärksten mit positiven User\*innen Präferenzen und einer effizienten Informationsvermittlung korrelieren. Ein solcher interdisziplinärer Ansatz, der sowohl akustische als auch psychologische und ergonomische Dimensionen umfasst, verspricht eine umfassende und integrative Sichtweise auf die Thematik

# Literaturverzeichnis

- Acosta, S. (2023). *Projektdatenblatt Tun, Forschen, Gründen ACOSTA\_Steffen-Projektdatenblatt\_SS2022*.
- Amazon. (2021, Juli 15). *Audio (APL for Audio) | Alexa Skills Kit*. Amazon Alexa. <https://developer.amazon.com/en-US/docs/alexa/alexa-presentation-language/apla-audio.html>
- Amazon. (2022, November 11). *Normalizing the Loudness of Audio Content | Alexa Skills Kit*. Amazon Alexa Language Masters. <https://developer.amazon.com/en-US/docs/alexa/flashbriefing/normalizing-the-loudness-of-audio-content.html>
- Amazon. (2023). *Echo Dot (3. Gen.) Intelligenter Lautsprecher mit Alexa*. [https://www.amazon.de/dp/B07PHPXHQ5/ref=s9\\_acsd\\_al\\_bw\\_c2\\_x\\_0\\_t?pf\\_rd\\_m=A3JWKAKR8XB7XF&pf\\_rd\\_s=merchandised-search-2&pf\\_rd\\_r=MK1ZWMWSX7S81TTCVWN&pf\\_rd\\_t=101&pf\\_rd\\_p=d282e99e-a03c-4768-9142-e494f23bd499&pf\\_rd\\_i=14100226031](https://www.amazon.de/dp/B07PHPXHQ5/ref=s9_acsd_al_bw_c2_x_0_t?pf_rd_m=A3JWKAKR8XB7XF&pf_rd_s=merchandised-search-2&pf_rd_r=MK1ZWMWSX7S81TTCVWN&pf_rd_t=101&pf_rd_p=d282e99e-a03c-4768-9142-e494f23bd499&pf_rd_i=14100226031)
- Apple Inc. (2023, Mai 30). *MacBook Pro (13", M2, 2022)—Technische Daten (DE)*. [https://support.apple.com/kb/SP870?locale=de\\_DE](https://support.apple.com/kb/SP870?locale=de_DE)
- Austrian Standards International. (2006). *IEC 60601-1-8:2006: 2006 11 13—Medical electrical equipment—Part 1-8: General requirements for basic safety and essential performance—Collateral standard: General requirements, tests and guidance for alarm systems in medical electrical equipment and medical electrical systems*. Austrian Standards International Standardisierung und Innovation. [https://shop.austrian-standards.at/action/de/public/details/1225625/IEC\\_60601-1-8\\_2006\\_2006\\_11\\_13;jsessionid=31A44B1BE9831EA20AE1ED821408B673](https://shop.austrian-standards.at/action/de/public/details/1225625/IEC_60601-1-8_2006_2006_11_13;jsessionid=31A44B1BE9831EA20AE1ED821408B673)
- Austrian Standards International ÖNORM EN ISO 9241-210:2020. (2020). *ÖNORM EN ISO 9241-210:2020-02-15 Ergonomie der Mensch-System-Interaktion—Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme (ISO 9241-210:2019)*. Austrian Standards International Standardisierung und Innovation. [https://lesesaal-austrian-standards-at.ezproxy.fhstp.ac.at:2443/action/de/private/details/670710/OENORM\\_E\\_N\\_ISO\\_9241-210\\_2020\\_02\\_15](https://lesesaal-austrian-standards-at.ezproxy.fhstp.ac.at:2443/action/de/private/details/670710/OENORM_E_N_ISO_9241-210_2020_02_15)
- Austrian Standards International ONR CEN ISO/TS 9241-126:2022 09 15. (2022). *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion—Teil 126: Empfehlungen zur auditiven Informationsdarstellung (ISO/TS 9241*

- 126:2019). Austrian Standards International Standardisierung und Innovation. [https://lesesaal-austrian-standards-at.ezproxy.fhstp.ac.at:2443/action/de/private/details/720109/ONR\\_CEN\\_ISO\\_TS\\_9241-126\\_2022\\_09\\_15](https://lesesaal-austrian-standards-at.ezproxy.fhstp.ac.at:2443/action/de/private/details/720109/ONR_CEN_ISO_TS_9241-126_2022_09_15)
- Beijing Roborock Technology Co.,Ltd. (2018). *Roborock S5 Bedienungsanleitung*. [https://support.roborock.com/hc/de/article\\_attachments/360053489892/S5\\_EN\\_DE\\_ES\\_manual.pdf](https://support.roborock.com/hc/de/article_attachments/360053489892/S5_EN_DE_ES_manual.pdf)
- beyerdynamic GmbH & Co. KG. (2023). *Beyerdynamic MM 1 Datenblatt*. <https://www.beyerdynamic.de/mm-1.html>
- Bosch. (o. J.). *0603672200 PLR 50 C | BOSCH AT*. Abgerufen 6. September 2023, von <https://www.bosch-home.at/shop/werkzeuge-gartengeräte/messtechnik/entfernungsmesser-winkelmesser/laser-entfernungsmesser/0603672200>
- BRANCHENRADAR.com Marktanalyse GmbH. (2019, Juni 21). *Absatz von Haushaltsrobotern in Österreich von 2014 bis 2018 und Prognose für die Jahre 2019 und 2020 (in 1.000 Stück) [Graph]*. Statista. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/884867/umfrage/absatz-von-haushaltsrobotern-in-oesterreich/>
- Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. (2023). *Smart Speaker: So nutzen Sie den (Sprach-)Assistenten sicher*. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. <https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Verbraucherinnen-und-Verbraucher/Informationen-und-Empfehlungen/Internet-der-Dinge-Smart-leben/Smart-Home/Digitale-Assistenten/digitale-assistenten.html?nn=131444>
- CORDIAL GmbH. (o. J.). *CMK 222*. Abgerufen 1. September 2023, von <https://www.cordial-cables.com/de/produkte/cmk-222>
- Coughlin, J. F., D'Ambrosio, L. A., Reimer, B., & Pratt, M. R. (2007). Older Adult Perceptions of Smart Home Technologies: Implications for Research, Policy & Market Innovations in Healthcare. *2007 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 1810–1815. <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2007.4352665>
- Dresing, T., & Pehl, T. (2018). *Praxisbuch Interview, Transkription & Analyse: Anleitungen und Regelsysteme für qualitativ Forschende* (8. Auflage). Eigenverlag.
- FabFilter Software Instruments. (2023a). *FabFilter Pro-L 2—Limiter Plug-In* (Version v16) [Software]. FabFilter. <https://www.fabfilter.com/products/pro-l-2-limiter-plug-in>
- FabFilter Software Instruments. (2023b). *FabFilter Pro-Q 3—Equalizer Plug-In* (Version v16) [Software]. FabFilter. <https://www.fabfilter.com/products/pro-q-3-equalizer-plug-in>

- Fachhochschule St. Pölten GmbH. (2022a). *2022.06.08 Smart Companion Forschungsheuriger* (Zukunftsheuriger Der FH St. Pölten, S. 10). Fachhochschule St. Pölten GmbH.
- Fachhochschule St. Pölten GmbH. (2019, November 1). *Smart Companion*. <https://research.fhstp.ac.at/projekte/smart-companion>
- Fachhochschule St. Pölten GmbH. (2022b, März 1). *Smart Companion 2*. <https://research.fhstp.ac.at/projekte/smart-companion-2>
- Fachhochschule St. Pölten GmbH. (2023). *Audiostudio A [Studio A] | MTSC Verleih*. <https://verleih.fhstp.ac.at/equipment/1153/>
- FFG. (2023). *SMART COMPANION 2*. <https://projekte.ffg.at/projekt/4141470>
- Frennert, S., & Östlund, B. (2014). The domestication of robotic vacuum cleaners among seniors. *Gerontechnology*, 12(3), 159–168. <https://doi.org/10.4017/gt.2014.12.3.004.00>
- Google. (2023a). *Spezifikationen zur Video- und Audioformatierung—YouTube-Hilfe*. <https://support.google.com/youtube/answer/4603579?hl=de>
- Google. (2023b). *YouTube recommended upload encoding settings—YouTube Help*. <https://support.google.com/youtube/answer/1722171?hl=en#zippy=%2Caudio-codec-aac-lc%2Cvideo-codec-h>
- Grecu, A. L., & Völcker, M. (2018). Mixed Methods. In M. S. Maier, C. I. Keßler, U. Deppe, A. Leuthold-Wergin, & S. Sandring (Hrsg.), *Qualitative Bildungsforschung: Methodische und methodologische Herausforderungen in der Forschungspraxis* (S. 229–246). Springer Fachmedien. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-18597-8\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-658-18597-8_13)
- Gurley, R. J., Lum, N., Sande, M., Lo, B., & Katz, M. H. (1996). Persons Found in Their Homes Helpless or Dead. *New England Journal of Medicine*, 334(26), 1710–1716. <https://doi.org/10.1056/NEJM199606273342606>
- HÖREX Hör-Akustik eG. (2023). *Wie laut ist das denn?* <https://www.ihre-hoerexperten.de/service/presse-und-medien/trends-fakten/wie-laut-ist-das-denn.html>
- IBM Deutschland GmbH. (2022, Oktober 5). *IBM Documentation*. <https://www.ibm.com/docs/de/spss-statistics/saas?topic=recode-syntax-rules-command>
- ICAD. (2022). *ICAD*. <https://icad.org/>
- Jakl, A. (2021). *Whitepaper-Smart Companion Active AI Assistant To Support Autonomous Living*. <https://research.fhstp.ac.at/projekte/smart-companion-2>
- Johannsen, G. (2004). Auditory Displays in Human–Machine Interfaces. *Proceedings of the IEEE*, 92(4), 742–758. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2004.825905>

- König & Meyer GmbH & Co.KG. (o. J.). *Mikrofonstativ*. Abgerufen 1. September 2023, von <https://www.k-m.de/produkte/mikrofonstative/bodenstative/255-mikrofonstativ-schwarz>
- König, N. (2023). *Explanation of data processing and security and creation of an explanatory video as part of the research project "Smart Companion 2" – a pilot study*. [Masterthesis, FH St. Pölten]. <https://phaidra.fhstp.ac.at/detail/o:5466>
- Kramer, G., Santa Fe Institute (Santa Fe, N. M. ), & International Conference on Auditory Display (1st : 1992 : Santa Fe, N. M. ). (1994). *Auditory display: Sonification, audification, and auditory interfaces*. Reading, Mass. : Addison-Wesley. <http://archive.org/details/auditorydisplays00greg>
- Kramer, G., Walker, B., Bargar, R., & Display, I. C. for A. (1999). *Sonification Report: Status of the Field and Research Agenda*. International Community for Auditory Display. <https://books.google.at/books?id=Kv7yNwAACAAJ>
- Kruse, A. (2017). *Lebensphase hohes Alter: Verletzlichkeit und Reife*. Springer.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12., überarbeitete Auflage). Beltz.
- Mcgookin, D. K., & Brewster, S. A. (2004). Understanding Concurrent Earcons: Applying Auditory Scene Analysis Principles to Concurrent Earcon Recognition. *ACM Transactions on Applied Perception*, 1(2), 130–155.
- netzwelt GmbH. (2023, März 19). *Smart Speaker im Test: Dieser Lautsprecher schneidet im Vergleich am besten ab*. Netzwelt. <https://www.netzwelt.de/vergleich/smartes-lautsprecher-test-2021.html>
- Neuhoff, J. G. (2011). Perception, Cognition and Action in Auditory Display. In T. Hermann & A. Hunt (Hrsg.), *The Sonification Handbook* (S. 63–85). Logos Verlag. <https://sonification.de/handbook/>
- NTi Audio AG. (o. J.). *Frequenzgewichtungen von Schallpegeln*. Abgerufen 6. September 2023, von <https://www.nti-audio.com/de/service/wissen/frequenzgewichtungen-von-schallpegeln>
- Paterson, R., Edworthy, J., Shailer, M., Lower, M., & Wheeler, P. (1986). *Alarm Sounds for Medical Equipment in Intensive Care Areas and Operating Theatres*.
- RME Intelligent Audio Solutions. (2023). *Fireface UC - RME Audio Interfaces | Format Converters | Preamps | Network Audio & MADI Solutions*. [https://www.rme-audio.de/de\\_fireface-uc.html](https://www.rme-audio.de/de_fireface-uc.html)
- RØDE Microphones. (2023). *FuzzMeasure—RØDETEST*. <https://www.rodetest.com/>
- Rubenstein, L. Z., & Josephson, K. R. (2002). The epidemiology of falls and syncope. *Clinics in Geriatric Medicine*, 18(2), 141–158. [https://doi.org/10.1016/S0749-0690\(02\)00002-2](https://doi.org/10.1016/S0749-0690(02)00002-2)

- Seemayer, T., Umbauer, D., & Neubauer, W. (2020). *Sozialbericht 2019* (S. 115). Amt der Oö. Landesregierung. [https://www.land-oberoesterreich.gv.at/Mediendateien/Formulare/Dokumente%20SGD%20Abt\\_So/Sozialbericht-2019\\_gesamt.pdf](https://www.land-oberoesterreich.gv.at/Mediendateien/Formulare/Dokumente%20SGD%20Abt_So/Sozialbericht-2019_gesamt.pdf)
- Splice. (2023). *Splice Studio & Community Terms of Use*. Splice. <https://splice.com/terms/studio-community>
- Tarzia, S. (2012). *ClapIR Acoustics Measurement on the App Store*. <https://apps.apple.com/us/app/clapir-acoustics-measurement/id521153051>
- Tashakkori, A., & Teddlie, C. (2003). *Handbook of Mixed Methods in Social and Behavioral Research*.
- TechHive. (2018, Oktober 26). *Amazon Echo Dot (3rd gen) review: A big step up in terms of design and musicality*. TechHive. <https://www.techhive.com/article/583516/amazon-echo-dot-3rd-gen-review.html>
- TP1. (2023, Juli 12). *Transkript-TP1* [Tonband].
- TP2+3. (2023, Juli 13). *Transkript-TP2+TP3* [Tonband].
- TP4. (2023, Juli 18). *Transkript-TP4* [Tonband].
- TP5. (2023, Juli 27). *Transkript-TP5* [Tonband].
- TP6. (2023, Juli 27). *Transkript-TP6* [Tonband].
- TP7. (2023, Juli 27). *Transkript-TP7* [Tonband].
- Weinzierl, S. (Hrsg.). (2008). *Handbuch der Audiotechnik*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-34301-1>
- World Health Organization. (2008). WHO global report on falls prevention in older age. *Ageing and Life Course, Family and Community Health : WHO Global Report on Falls Prevention in Older Age*. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43811>

# **Begriffs- & Abkürzungsverzeichnis**

## **Begriffe**

Soundpack: Eine Sammlung von diversen Klängen, die einer (nicht zwingend) logischen Zusammensetzung entsprechen (z.B. Schlagzeug Soundpack, das auf Bassdrum, Snaredrum, HiHats usw. besteht)

IPA: Ein Intelligenter persönlicher Assistent ist eine Anwendung, die es ermöglicht, durch natürliche, menschenähnliche Kommunikation Informationen abzurufen, Gespräche zu führen und Unterstützungsdiene anzbieten.(Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2023)

## **Abkürzungen**

„Amazon Echo Dot“ Smart Speaker: Ein Lautsprecher mit smarten Funktionen, wie bspw. durch den Zugang zum Sprachassistenten Amazon Alexa (Amazon, 2023)

AD	Auditory Display
DAW	Digital Audio Workstation
F1, F1.2	Forschungsfrage 1, Forschungsfrage 1.2, etc.
FFG	Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH
HCD	Human-centered Design
HF	Human Factors
ICAD	Internationale Gemeinschaft für Auditive Displays
IPA	Intelligenter persönlicher Assistent
LS	Lautsprecher
MMR	Mixed Methods Research
Presbyakusis	Altersschwerhörigkeit
SC2	Smart Companion 2

TFG Lehrfach Tun, Forschen, Gründen des Masterstudiengangs  
Digital Media Production

## TTS Text-to-Speech, Sprachsynthese

TP Testuser\*in

# **Anhang**

## **A. Umfragebogen**

Der Umfragebogen wird in diesem Anhang in Auszügen präsentiert, um einen Einblick in die Struktur und den Inhalt des Erhebungsinstruments zu geben. Da der vollständige Fragebogen eine Länge von 68 Seiten umfasst, wird dieser aus Gründen der Übersichtlichkeit und Lesbarkeit separat als ergänzendes Material dieser Arbeit beigefügt.

Die Darstellung in diesem Anhang konzentriert sich auf die drei Hauptabschnitte des Fragebogens, die die Forschungsfragen F1.2, F1 und F2 abdecken. Die Auszüge sollen einen repräsentativen Eindruck der Art der Fragen und der vorgesehenen Antwortmöglichkeiten vermitteln, ohne den vollständigen Fragebogen in seiner Gänze zu reproduzieren.

## SC2: Schlauer Begleiter - moderierter User\*innentest

Dieses Formular dient als **Protokollhilfe für die Befragung zu den Klängen des intelligenten Staubsaugerroboters "Smart Companion 2" (im Folgenden "Schlauer Begleiter" genannt)**

Herzlich Willkommen!

Es freut mich sehr, dass Sie Zeit gefunden haben, an der Befragung teilzunehmen!

Bei dem Forschungsprojekt "**Anforderungen an das Sounddesign von User Interface Sounds zur audiogestützten Mensch-Maschine-Interaktion des Smart Companion 2**" handelt es sich um eine Masterarbeit im Rahmen des Masterstudiengangs **Digital Media Production** in der **Masterklasse Audio Design**.

Der Smart Companion 2 oder fortlaufend "**Schlauer Begleiter**" genannt, ist ein Roboter, der Ihnen im Alltag helfen soll.

Er kann neben dem **Staubsaugen** Ihnen zum Beispiel **Hilfe holen**, wenn Sie gestürzt sind oder Sie darüber informieren, wenn sich eine mögliche **Sturzgefahr** durch einen Gegenstand auf dem Boden ergibt.

Der Roboter hat auch eine künstliche Stimme, die als **Roboterstimme** bezeichnet wird. Die Roboterstimme kann mit Ihnen sprechen und befolgt Ihre Anweisungen. Darüber hinaus sollen auch verschiedene **Klänge** aus dem Schlauen Begleiter wiedergegeben werden.

Die Befragung zielt darauf ab, herauszufinden, welche **Klänge** (neben der Roboterstimme) der Schlauer Begleiter von sich geben soll, wenn Sie mit ihm interagieren.

Diese **Klänge** werden als **User Interface Sounds** bezeichnet und sollen Ihnen helfen, den Schlauen Begleiter besser zu verstehen. Zum Beispiel kann ein **Klang** erklingen, wenn eine Aktion erfolgreich ausgeführt wurde oder wenn eine Benachrichtigung vorliegt. Es ist wichtig zu wissen, welche **Klänge** allgemein und im Zusammenspiel mit der Roboterstimme und dessen Dialogen der Schlauer Begleiter von sich gibt, damit Sie ihn besser nutzen und verstehen können. Die Befragung soll helfen, die **Klänge** so anzupassen, dass sie für Sie am besten geeignet sind.

- Dazu werde ich Ihnen **4 kurze Szenarien** in Form von **Grafiken präsentieren**, **Klänge** auf dem Schlauen Begleiter **wiedergeben** und Ihnen anschließend **Fragen** dazu **stellen**.
- Für die Befragung haben wir **maximal 45 - 60 Minuten** geplant.
- Die Befragung ist **freiwillig**, kann also zu jedem Zeitpunkt von Ihrer Seite abgebrochen werden.
- Sagen Sie mir **Ihre Meinung** zu den vorgestellten Szenarien in Verbindung mit den vorgespielten Klängen.
- Die Befragung wird hiermit **protokolliert**, ggf. eigenständig von Ihnen ausgefüllt und mit einem **Tonbandgerät** aufgezeichnet, damit etwaige Probleme noch genauer analysiert werden können, damit wir uns verbessern können und ich nichts vergesse bei der Auswertung. → Gedächtnisprotokoll Bewertung (technisch vs. Sozial)

- Die Aufnahme verbleibt im Projektteam (das sind Forscher\*innen der FH St. Pölten, der Robert Bosch AG Wien, der Akademie für Altersforschung am Haus der Barmherzigkeit Wien und dem Arbeiter-Samariter-Bund Gruppe Linz) und die Ergebnisse werden **pseudonymisiert** verwendet. Sind Sie damit einverstanden?

Weiterführende Links:

<https://research.fhstp.ac.at/projekte/smart-companion-2>

**\* Gibt eine erforderliche Frage an**

#### Personenbezogene Daten

1. Interviewpartner (TP1, TP2, ...) \*

\_\_\_\_\_

2. Alter \*

\_\_\_\_\_

3. Geschlecht \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

divers

weiblich

männlich

Sonstiges: \_\_\_\_\_

4. Liegt bei Ihnen eine Schwerhörigkeit vor? (Ärztlich diagnostiziert) Dies wird erfasst, um es bei der Auswertung zu berücksichtigen. \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

liegt vor

nicht bekannt Wechseln Sie zu Abschnitt 4 (Intro)

#### Hörvermögen

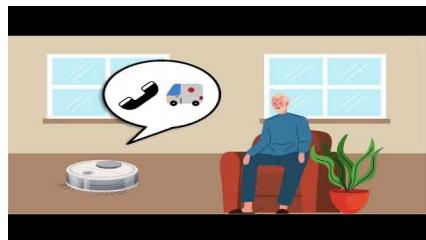
5. Wie würden Sie Ihr Hörvermögen mit ihrer Diagnose beschreiben? Wissen Sie noch, was Ihr HNO-Arzt genau diagnostiziert hat?

---

### Intro

Im Folgenden Abschnitt wird Ihnen ein kurzes Erklärvideo zum eigentlichen Projekt gezeigt und Fragen beantwortet.

Einführungsvideo (© Dipl. Ing. Nicole König, BSc)



<http://youtube.com/watch?v=OfeNZdxhaxc>

### 1. Schritt: Die 4 Einsatzszenarien des Schlauen Begleiters

#### Beschreibung:

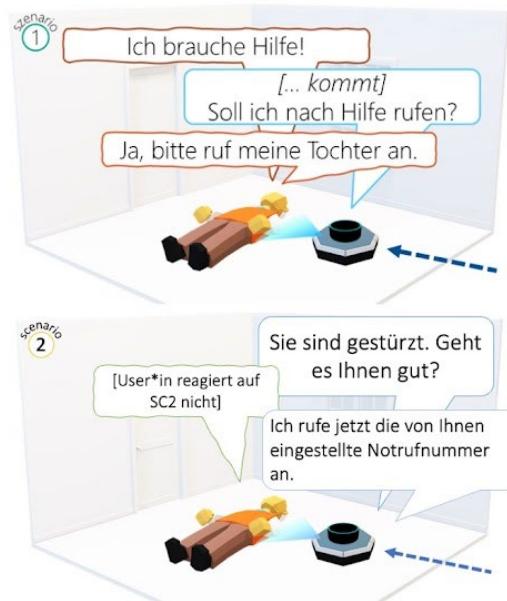
Um Ihnen die Bedeutung der Klänge in den verschiedenen Szenarien zu verdeutlichen, werden im nächsten Schritt **4 unterschiedliche Szenarien** vorgestellt.

Bitte beachten Sie, dass die Klänge des Schlauen Begleiters verschiedene Eigenschaften, wie die Dringlichkeit und Wichtigkeit vermitteln. Das wird bspw. mit der Abspielgeschwindigkeit (Wie schnell ist der Klang?) und der Tonhöhe (Wie hoch oder tief wird der Klang wiedergegeben?) erreicht.

Warum ist das für Sie relevant? Indem Sie diese Eigenschaften bewerten und darauf achten, können Sie uns dabei helfen, die Klangerlebnisse des Schlauen Begleiters anzupassen. Ihre Meinung ist entscheidend, um sicherzustellen, dass die Geräusche angenehm und verständlich sind und gut mit der Stimme des Roboters zusammenarbeiten. Ihre Rückmeldungen tragen dazu bei, den Schlauen Begleiter so zu gestalten, dass er Ihren Bedürfnissen und Vorlieben im Alltag entspricht.

1. **Schauen** Sie sich in Ruhe alle 4 Szenarien auf den Grafiken an
2. **Hören** Sie sich die Klänge in den nachstehenden Videos an. Sie können Sie so oft anhören, wie Sie möchten
3. **Ordnen** Sie den jeweils gehörten Klang den Szenarien zu

## Szenario 1 &amp; 2



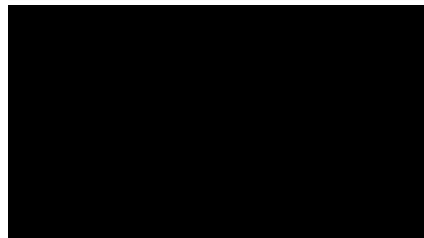
## Szenario 3 &amp; 4



## 1.1

1. **Schauen** Sie sich in Ruhe alle 4 Szenarien an
2. **Hören** Sie sich den Klang in den nachstehenden Videos an
3. **Ordnen** Sie den gehörten Klang den Szenarien zu

9M1N



[http://youtube.com/watch?](http://youtube.com/watch?v=FvBMXokLoiq)

## 6. Welchem Szenario (1-4) würden Sie den eben angehörten Klang zuordnen? \*

Markieren Sie nur ein Oval.

	
<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2
	
<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4

7. **Kurzfeedback**(optional): Wie sicher sind Sie sich bei Ihrer Auswahl?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

sehr unsicher



2

3

4

5

6

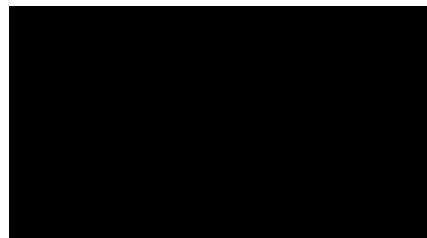
sehr sicher



1.2

1. **Schauen** Sie sich in Ruhe alle 4 Szenarien an
2. **Hören** Sie sich den Klang in den nachstehenden Videos an
3. **Ordnen** Sie den gehörten Klang den Szenarien zu

9W1X



<http://youtube.com/watch?v=aWvQ8iGUNIE>

## 2. Schritt

24/07/2023, 12:27

SC2: Schlauder Begleiter - moderierter User\*innentest

45. **Kurzfeedback**(optional): Wie sicher sind Sie sich bei Ihrer Auswahl?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

sehr unsicher

1

2

3

4

5

6

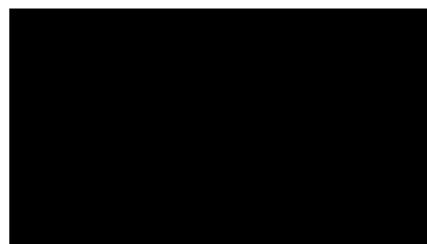
sehr sicher

### 2. Schritt Welcher Klang passt Ihrer Meinung nach am besten zum jeweiligen Szenario (Rangliste der Klänge)

1. **Hören** Sie sich die 5 Klänge des **1. Szenarios** in Ruhe und so oft Sie wollen an
2. **Sortieren** Sie die Klänge in der nachstehenden Frage von Platz 1 (Klang, der am Besten zum Szenario passt) zu Platz 5 (Klang, der Schlechtesten zum Szenario passt)

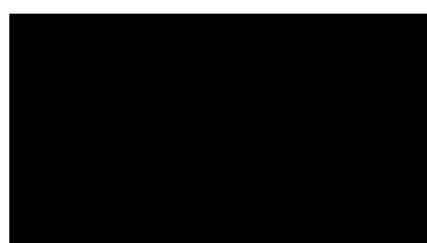


9|1J



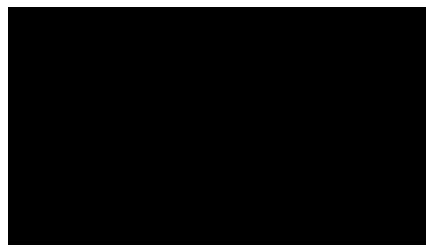
<http://youtube.com/watch?v=D6wEPL7SsxQ>

1G3H



<http://youtube.com/watch?v=JshJsK5-vdw>

7C9D



<http://youtube.com/watch?v=0wOMqX60Zho>

4E6F



[http://youtube.com/watch?v=hFiOe\\_emNwY](http://youtube.com/watch?v=hFiOe_emNwY)

3A5B



<http://youtube.com/watch?v=BICw4EJboiE>

## 46. 1. Szenario:

\*

**Hören** Sie sich die 5 Klänge in Ruhe und so oft Sie wollen an**Sortieren** Sie die Klänge in der nachstehenden Frage von Platz 1 (Klang, der am Besten zum Szenario passt) zu Platz 5 (Klang, der Schlechtesten zum Szenario passt)*Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.*

	3A5B	7C9D	4E6F	1G3H	9I1J
<b>1. Platz</b>	<input type="radio"/>				
<b>2. Platz</b>	<input type="radio"/>				
<b>3. Platz</b>	<input type="radio"/>				
<b>4. Platz</b>	<input type="radio"/>				
<b>5. Platz</b>	<input type="radio"/>				

**2. Schritt Welcher Klang passt Ihrer Meinung nach am besten zum jeweiligen Szenario (Rangliste der Klänge)**

1. **Hören** Sie sich die 5 Klänge des **2. Szenarios** in Ruhe und so oft Sie wollen an
2. **Sortieren** Sie die Klänge in der nachstehenden Frage von Platz 1 (Klang, der am Besten zum Szenario passt) zu Platz 5 (Klang, der Schlechtesten zum Szenario passt)

### 3. Schritt

24/07/2023, 12:27

SC2: Schlauder Begleiter - moderierter User\*innentest

\*

49. 4. Szenario:

**Hören** Sie sich die 5 Klänge in Ruhe und so oft Sie wollen an

**Sortieren** Sie die Klänge in der nachstehenden Frage von Platz 1 (Klang, der am Besten zum Szenario passt) zu Platz 5 (Klang, der Schlechtesten zum Szenario passt)

Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.

	8E0F	6G8H	3I5J	1K3L	9M1N
<b>1. Platz</b>	<input type="radio"/>				
<b>2. Platz</b>	<input type="radio"/>				
<b>3. Platz</b>	<input type="radio"/>				
<b>4. Platz</b>	<input type="radio"/>				
<b>5. Platz</b>	<input type="radio"/>				

#### 3. Schritt: Hörvergleich (AB1 Vergleich)

Im nächsten Schritt werden Ihnen 2 Varianten des 2. Szenarios vorgespielt (**siehe Finder**).

- In der **1. Variante** werden Ihnen **Klänge zusammen** mit dem **Dialog** präsentiert, während in der
- **2. Variante nur der Dialog** zu hören ist.

Anschließend wird ermittelt, welche Variante für Sie den Inhalt des zweiten Szenarios geeigneter vermitteln würde. Ihr Feedback ist wichtig, um festzustellen, welche Kombination von Klängen und Dialogen die Informationen besser verständlich und ansprechend übermittelt.

50. Welche Variante würde für Sie den Inhalt des zweiten Szenarios geeigneter kommunizieren?



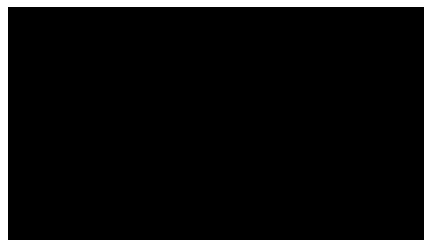
Markieren Sie nur ein Oval.

A1

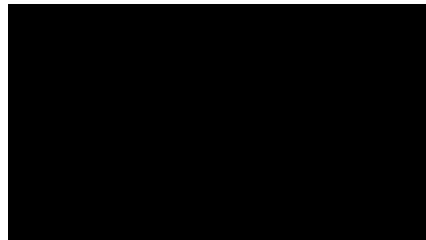
B1

Sonstiges: \_\_\_\_\_

**B1 (im Finder \*.mp4 abspielen)**



<http://youtube.com/watch?v=sVR0c2mUKU>

**A1**[v=TwVhi9Y0DIw](http://youtube.com/watch?v=TwVhi9Y0DIw)<http://youtube.com/watch?v=TwVhi9Y0DIw>

51. Kurzfeedback(optional): Haben Sie weitere Ideen, wie sich die Klänge anhören sollen, damit jene für Sie am besten zum Szenario passen?

---

### 3. Schritt: Hörvergleich (AB2 Vergleich)

Im nächsten Schritt werden Ihnen **2 Varianten des 2. Szenarios** vorgespielt.

- In der einer **Variante** werden Ihnen **Klänge zusammen** mit dem **Dialog** präsentiert
- In der anderen **Variante** wird **nur** der **Dialog** zu hören sein.

Anschließend wird ermittelt, welche Variante für Sie den Inhalt des 2. Szenarios geeigneter vermitteln würde. Ihr Feedback ist wichtig, um festzustellen, welche Kombination von Klängen und Dialogen die Informationen besser verständlich und ansprechend übermittelt.

## B. Einverständniserklärung

St. Pölten University of Applied Sciences

imedien & digitale  
technologien **Ifh///**  
st.pölten

### Einverständniserklärung

Ich stimme ausdrücklich zu, dass meine personenbezogenen und Daten in Form von:

- Bild- und Tonverarbeitungen (neben dem Fragebogen werden Kommentare und Feedback der Teilnehmenden zusätzlich noch mit einem Gerät zur **Tonaufzeichnung** aufgenommen. Weiters werden **Fotos** vom (ggf. privaten) **Interview-Raum** aus raumakustischen Gründen aufgenommen und die Raummaße mittels Laserdistanzmesser ermittelt, da die Interviews in unterschiedlichen Räumlichkeiten durchgeführt werden).
- Name/n, Emailadresse/n, Zugehörigkeit, Telefonnummer, zum Zwecke der Kontakthaltung

im Rahmen der Masterthesis „**Anforderungen an das Sounddesign von User Interface Sounds zur audiogestützten Mensch-Maschine-Interaktion des Smart Companion 2**“ der Fachhochschule St. Pölten und Weiterverwendung der **pseudonymisierten Daten im Smart Companion 2 Forschungs-Team** verarbeitet werden.

Die Fachhochschule St. Pölten stellt sicher, dass die Daten nicht an unberechtigte Dritte gelangen, und die Speicherung auf sicheren, verschlüsselten Servern bzw. in versperrten Bereichen erfolgt. Die Daten werden nur von dem Projektmitgliedern (Fachhochschule St. Pölten, Akademie für Altersforschung am Haus der Barmherzigkeit, Arbeiter-Samariter-Bund, Robert Bosch AG) ausgewertet.

Es gelten die nationalen und internationalen datenschutzrechtlichen Bestimmungen. Nach Beendigung des Forschungsprojekts werden die Daten („Rohdaten“) zum Nachweis der Richtigkeit der Forschungsergebnisse 10 Jahre aufbewahrt und danach einer Löschung/ Anonymisierung zugeführt.

Meine Einwilligung stellt die rechtliche Grundlage für die Verarbeitung der personenbezogenen Daten dar.

Diese Einwilligungserklärung kann jederzeit von mir bei [datenschutz@fhstp.ac.at](mailto:datenschutz@fhstp.ac.at) widerrufen werden, ohne dass dadurch die Rechtmäßigkeit der Verarbeitung bis zum Widerruf berührt wird. Nach meinem Widerruf werden keine weiteren Daten mehr über mich erhoben. Die bis zum Widerruf erhobenen Daten können allerdings weiter im Rahmen dieser Studie verwendet werden.

Ich bin berechtigt, gegenüber der Fachhochschule St. Pölten um eine umfangreiche Auskunftserteilung zu den zu meiner Person gespeicherten Daten zu ersuchen. Weiters kann ich die Berichtigung, Löschung, die Datenübertragung und Einschränkung der Verbreitung verlangen, und habe ein Beschwerderecht bei der Österreichischen Datenschutzbehörde, welche bei dieser als zuständige Aufsichtsbehörde einzubringen ist.

Für weitere Fragen im Zusammenhang mit dieser Studie stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung. Auch Fragen, die Ihre Rechte als Teilnehmer\*in an dieser Studie betreffen, werden Ihnen gerne beantwortet.

Kontaktperson:

Acosta, Steffen: [+43/670/555 0947](tel:+436705550947), [mp211510@fhstp.ac.at](mailto:mp211510@fhstp.ac.at)

. .2023

Steffen Acosta, B.A. B.Eng.

Ort, Datum, Namen und Unterschriften des Interviewers und **der Teilnehmer\*in**

1 | 1

## C. Transkripte

### TP1

- 1 00:07:53:17 - 00:07:57:08 TP1: (lacht) Das ist der Wahnsinn!
- 2 00:07:57:08 - 00:08:03:21 TP1: Ja das ist dann für Menschen mit Behinderungen auf jeden
- 3 Fall auch hilfreich, oder?
- 4 00:11:29:13 - 00:11:43:12 TP1: Der ist angenehm, im Sinne von wahrnehmbar, selbst wenn
- 5 man schon schlechter hört. Der klingt eindringlich.
- 6 00:12:44:22 - 00:12:49:21 TP1: Der andere ist mir sympathischer gewesen.
- 7 00:14:27:14 - 00:14:38:24 TP1: Das ist schon gefährlich kann man sagen [...] ne? Bspw. wenn
- 8 die Person nicht mehr auffindbar ist.
- 9 00:15:26:04 - 00:15:27:13 TP1: Der ist stark, haha.
- 10 00:15:41:06 - 00:15:55:15 TP1: Wenn ich so etwas höre, wenn ich irgendwo in einem großen
- 11 Mehrfamilienhaus bin, dann merke ich: Aha, da ist irgendwas passiert.
- 12 00:52:08:00 - 00:52:09:11 TP1: Mit Glockensound ist's besser.
- 13 00:52:10:06 - 00:52:17:05 TP1: Das hörst Du dann, ne? Wenn irgendwas im Hintergrund da
- 14 läutet, also würde mir besser gefallen.
- 15 00:59:19:13 - 00:59:27:05 TP1: Also, da würde ich auch sagen, B3 [Dialog & UI Sound], das
- 16 rüttelt Dich wach.

## TP2+3

- 1 00:15:05 TP3: Also im Prinzip, wenn wir sowas hätten, müssten wir eigentlich 2 solche
- 2 Staubsauger haben, da wir ein Obergeschoss haben und es nichts nützt, wenn man oben
- 3 stürzt und der Staubsaugerroboter unten ist.
- 4 00:20:19 TP3: Wir werden diesen Sound? Ich als gestürzte Person oder die Rettung?
- 5 00:20:54 TP3: Aber glaube ich nicht, dass mein Nachbar das hört, wenn der Sound in
- 6 geschlossenen Räumen abgespielt wird.
- 7 00:21:06 TP3: Ja, solange wir zu zweit ist geht das, da auch noch der Partner einen finden
- 8 und helfen könnte, aber wichtig wäre der Roboter ja, wenn man allein lebt.
- 9 00:21:51 TP2: Und der Roboter kann dann einen erkennen und spricht einen dann an mit:
- 10 „Sind sie gestürzt?“ und kommt dann der Sound? Oder davor?
- 11 00:23:56 TP2: Ich kann ja eigentlich auch etwas abgestellt haben, wird das dann auch als
- 12 Sturzgefahr erkannt?
- 13 00:24:13 TP3: Wenn wir vom Einkaufen heimkommen und Einkäufe in den Flur stellen, muss
- 14 er ja nicht gleich Alarm schlagen.
- 15 00:26:29 TP3: Das Christkindl (lacht).
- 16 00:26:56 TP3: Das klingt nicht so dramatisch.
- 17 00:48:50 TP3: Wenn er unten stürzt und der Roboter auch unten ist und ich im OG, dann
- 18 würde ich wahrscheinlich eher den komischen Ton wahrnehmen als die Stimme.
- 19 01:19:00 TP3: Töne sollten mehr nach Alarmanlagen und weniger nach Glocken klingen.
- 20 Nicht zu lieblich harmonisch. Sollte dramatischer klingen und aufreizend, sonst reagiere ich
- 21 nicht.

# TP4 Seite 1/3

## 1 [Audiodatei](#)

2 00:13:32 TP4: Also ich finde, das ist ein dringlicher Ton.  
3 00:13:34 TP4: Also wird schon mehr Hilfe erfordern, als als wenn ich sage, das ist für einen  
4 Rucksack.  
5 00:13:43 TP4: Für mich wäre das schon irgendwie schon. Also ich kenne die anderen nicht.  
6 Ich weiß nicht wie schrill die werden jetzt, aber ich sage jetzt mal das ich schreibe das nur  
7 kurz auf Beispiel 1, nur dass ich das weiß für mich, das war schon einmal ein schriller Ton  
8 und.  
9 00:13:58 TP4: Wie ein altes Telefon oder eine Klingel - Schriller Ton, Klingel würde ich sagen.  
10 00:14:35 TP4: Er ist noch höher.  
11 00:14:37 TP4: Ist aber nicht so so permanent laufend, hat Pause, darum ist es für mich nicht  
12 so Erste Hilfe-mäßig würde ich sagen.  
13 00:14:55 TP4: Aber ich würde auch sagen, also das ist nicht ein Ton für mich, der geht jetzt  
14 suchen oder der Rucksack im Weg ist. Es wird auf jeden Fall für das 1. oder 2 Szenario da  
15 sein.  
16 00:15:41 TP4: Alles ziemlich.  
17 00:15:46 TP4: Intensive Töne. Also das ist nicht das, ich sage jetzt nicht, der entspannt sich,  
18 sondern das ist alles irgendwie Emergency Töne, irgendwie kommt mir das vor, sagen wir,  
19 erklären so wie im Intensivbetten-Raum, der die ganzen Anlagen die dann so klingeln, wenn  
20 irgendwie etwas nicht funktioniert mehr richtig. Also der Dreier-Ton.  
21 00:16:09 I: Vom Tempo her?  
22 00:16:14 TP4: Das ist schon so ein dringlicher Ton, oder? Im Gegensatz zu ich lasse mir jetzt  
23 Zeit, weißt du? Da würde ich reagieren, auf diesen Ton. Den höre ich mir nicht erst noch fünf  
24 Mal an, das ist ein dringlicher Ton  
25 00:17:51 TP4: Der ist für mich eher angenehm, das ist für mich ein angenehmerer Ton, diese  
26 Klingel, das ist nicht schrill.  
27 00:17:58 TP4: Nicht so hoch von der Tonhöhe. Irgendwie ein schöner Ton, keine  
28 Notsituation.  
29 00:18:47 TP4: Wer braucht denn diesen Ton eigentlich?  
30 00:20:21 TP4: Guter Ton, schneller aber nicht schrill. Damit würde ich kein SOS assoziieren,  
31 eher Szenario 4, weil man den gut hört.  
32 00:22:05 TP4: Also das ist für mich ein Emergency Ton irgendwie.  
33 00:22:13 TP4: Ist schneller als der andere im Rhythmus, vom Klang her auch schriller würde  
34 ich auf jeden Fall irgendwie 1 oder 2 zuordnen.  
35 00:22:26 TP4: Man assoziiert immer Töne so auf der Straße: man erkennt schon  
36 Jahrzehntelang immer Rettung, Feuerwehr, Polizei. Das sind dann schon maßgebliche Töne,  
37 die man intus hat. Die hat man so gelernt, da weißt du sofort: „Achtung da kommt was“.  
38 Lustig ist auch, wenn man in ein anderes Land fährt und die Töne anders klingen.  
39 00:24:17 TP4: Eh auch ein schriller Ton, den man irgendwie mit einem Vogel assoziieren  
40 könnte.  
41 00:25:08 TP4: Da ist schon Gefahr im Verzug  
42 00:25:13 TP4: Das ist schon, glaube ich, 2. Der reagiert nicht mehr. Das ist ein intensiverer  
43 Ton.  
44 00:25:41 TP4: Auch ein schrillerer Ton, ein unangenehmer Ton. Keine angenehmen Töne  
45 finde ich. Also da assoziiere ich sofort immer Achtung.

## TP4 Seite 2/3

46 00:25:52 TP4: Das ist so wie wenn jetzt ein Brandalarm ausgelöst werden würde, dann  
47 würde ich so einen Ton hören. Darum ist es für mich schon wieder dem ersten oder zweiten  
48 Szenario auf jeden Fall zuordenbar, nie dem dritten oder vierten Szenario.  
49 00:27:05 TP4: Also da muss man reagieren, höchste Alarmstufe quasi so, wie wenn man  
50 einen Science Fiction Film ansieht.  
51 00:27:30 TP4: Irgendwie so etwas wie Flucht, das assoziere ich damit.  
52 00:28:15 TP4: Auch irgendwie spannend, der hat am Schluss noch so eine andere Stilistik,  
53 der Ton. Aber er ist jetzt für mich nicht so ein schriller Ton, aber er könnte beim 3. Szenario  
54 funktionieren.  
55 00:28:38 TP4: Da würde ich vielleicht den noch Kaffee noch austrinken, weil ich mir denke,  
56 wenn ich jetzt was machen muss, dann würde der Kaffee vielleicht kalt werden (lacht). Nach  
57 15 bis 30 Minuten würde er mich nerven.  
58 00:29:17 TP4: Das ist spannend, ja, muss man sagen.  
59 00:29:21 TP4: Szenario vier ist mir viel klarer, der Ton ist mir nicht ganz klar. Wie wichtig  
60 muss der Ton beim vierten Szenario sein, dass ich dann dort hingehe, wenn der Schlaue  
61 Begleiter mich sucht?  
62 00:29:46 TP4: Wie reagiert der Schlaue Begleiter, wenn ich jetzt vielleicht Haare föhne und  
63 er nach einer Minute den Arbeiter Samariter Bund anruft, weil ich nicht rechtzeitig reagiert  
64 habe?  
65 00:30:18 I: Szenario vier ist eigentlich ein unwichtigerer Klang, der Schlaue Begleiter sagt  
66 „ich habe ein Hindernis gefunden, spiele daher einen Klang und suche jetzt mal nach dem  
67 Bewohner. Bei dem Fall sollte es nicht so sein, dass bei Nicht-Reagieren durch die/den  
68 User\*in die Rettung verständigt wird.  
69 00:31:58 TP4: Der Klang ist schneller, und klingt am Ende, als man etwas in ein Rohr gesaugt.  
70 00:32:19 TP4: Könnte eher erstes oder zweites Szenario sein. Ich könnte jetzt aber nicht  
71 sagen, welches genau.  
72 00:33:46 TP4: Für mich hat das immer etwas Medizinisches, wo nicht so im Alltagsleben hat.  
73 Da habe ich andauernd irgendwie Bammel, dass irgendetwas ist.  
74 00:34:12 TP4: Das ist nicht ein Ton, den ich einer Kaffeemaschine zuordne. Das sind viel  
75 eingehendere Töne.  
76 00:36:46 TP4: Kein dringlicher Ton, könnte ich mir evtl. auch länger anhören. Hat so eine  
77 Tiefe durch das Echo.  
78 00:37:41 TP4: Wir hatten schon so einen ähnlichen Ton vorher  
79 00:38:31 TP4: Na schau', wieder so ein Vogelton oder Trillerpfeife.  
80 00:38:41 TP4: Es klingt noch nicht ganz hoch, wenn er noch höher gewesen wäre, dann wäre  
81 er für mich schon dringlicher, für mich ist das noch nicht so dringlich, obwohl es rhythmisch  
82 ist.  
83 00:38:50 TP4: Es hat natürlich etwas, wenn ein Ton rhythmisch immer gleich ist im Vergleich  
84 zu sich ständig ändernden Rhythmen. Drittes Szenario.  
85 00:39:47 TP4: Den Ton habe ich schon einmal gehört aber weiß nicht mehr, wo ich den  
86 anderen hingegeben habe. Ich bin etwas verunsichert.  
87 00:40:14 TP4: Spannender Ton. Da haben wir schon wieder so ein Echo, nicht schrill, sogar  
88 eher angenehm.  
89 00:40:43 TP4: Da stellt sich mir wieder die Frage: „Wie wichtig ist für mich drei und vier von  
90 der Abstufung her. Muss das dritte Szenario noch dringlicher sein als vier?  
91 00:41:13 TP4: Ich würde sagen, das ist für mich ein Ton für das dritte Szenario.

## TP4 Seite 3/3

92 00:41:17 TP4: Aber ich bin mir immer unsicherer quasi. Mit der Fülle an Tönen wackelt mein  
93 Diagramm ein bisschen.  
94 00:42:38 TP4: Hier ist der Ton nicht so laut, ein bisschen schrill, aber nicht ein  
95 unangenehmer Ton. Also den könnte man auch länger hören.  
96 00:43:30 TP4: Fast wie Gebetsglocken schon.  
97 00:43:32 TP4: Der Dalai Lama könnte eintreten. Es ist auch ein schneller Rhythmus.  
98 00:44:03 TP4: Es klingt so wie ein Kochtopf.  
99 00:44:58 TP4: Auch wieder spannend. Echo, klingt angenehm.  
100 01:10:24 TP4: Wenn ich jetzt Stimmen höre, kann mir das auf die Nerven gehen. Da höre ich  
101 lieber nur Töne ohne Stimme. Ich bin kein Freund von den Dialogen und würde eigentlich  
102 nur Töne bevorzugen.  
103 01:22:26 TP4: Das war ja auch schon bei meiner Mutter ein Thema, weil sie schon alt ist,  
104 alleine lebt und meine Schwester und ich haben dann auch gesagt, dass es ja bereits die  
105 Notrufuhren gibt, die ein Notruf absetzen können aber wie kommt dann das Rote Kreuz  
106 hinein?  
107 01:23:00 TP4: Mein Onkel lebte alleine in seinem Haus und ist an einem Schlaganfall  
108 gestorben. Er wurde erst am nächsten Tag gefunden. Wenn er so einen Roboter gehabt  
109 hätte, wäre er vielleicht noch am Leben.  
110 01:26:12 TP4: Mein Onkel hätte vielleicht zwei Schlaue Begleiter für Erd- und Obergeschoss  
111 gebraucht.  
112 01:26:21 TP4: Und dann weißt du, was das Schlimmste wäre. Du hast diesen Schlaufen  
113 Begleiter, nimmst ihn aber nicht mit in den ersten Stock, wenn Du hochgehst.  
114 01:26:47 TP4: Die Leute wollen solche Armbänder oder Ketten nicht nutzen, meine Mutter  
115 auch nicht und sagen, „ich bin super drauf, mit geht's eh gut“.

# TP5

- 1 00:00:31 TP5: Das klingt ja fast noch dringlicher.
- 2 00:02:38 TP5: Der ist ohne Bewusstsein, der kriegt eigentlich gar nix mit.
- 3 00:02:51 I: Genau darum geht es nämlich auch. Also manche Töne ist nicht nur für dich selbst
- 4 gemacht, sondern auch für deine Umfeld, sodass bspw. die Frau Müller von nebenan doch noch was
- 5 mitkriegt.
- 6 00:02:59 TP5: Ah okay.
- 7 00:05:10 TP5: Das ist ziemlich dringlich. Szenario 1.
- 8 00:05:54 TP5: Das ist ziemlich dringlich. Szenario 1.
- 9 00:06:36 TP5: Das klingt für mich jetzt nicht so dringlich, könnte auch Szenario 4 sein, da bin ich mir
- 10 unsicher deshalb Sicherheit 3.
- 11 00:37:42 I: Wie sollen sich die Klänge anhören, damit jene am besten zum Szenario 2 passen?
- 12 00:37:50 TP5: Also der Sound soll schon eindringlich sein, damit ich eventuell davon aufwache.
- 13 00:38:02 TP5: Ja aber er soll mich nicht erschrecken und den hohen Blutdruck zu hoch treiben. Er soll
- 14 mir keine Angst machen, kann man auch sagen. Denn er will mich ja unterstützen.
- 15 00:40:30 TP5: Nur Dialog finde da auch ein bisschen wenig. Also bevor er dann die Rettung ruft darf
- 16 schon ein Ton dabei sein.
- 17 00:40:56 I: Wie die gibt es sonst noch irgendwie andere elektronische Geräte im Haushalt zum
- 18 Beispiel gibt es, da haben sie da weitere Ideen, wie die Klänge von diesem Traum Begleiter sich
- 19 annehmen können, damit, es führt dich für sie am besten zum Szenario passt.
- 20 00:41:13 TP5: Also es darf halt nicht gleich wie eine Waschmaschine, Telefon oder Küchenwecker
- 21 klingen.
- 22 00:46:13 TP5: Das Schnelle ist nicht das Problem. Aber das erinnert so arg an Feuerwehr oder
- 23 wirklich etwas, was mich bedroht.
- 24 00:49:32 TP5: Bei der Zuordnung der Klänge zu den Szenarien habe ich mich eben für die
- 25 angenehmeren Klänge entschieden. Man ist da aber ein bisschen unter Spannung oder das ist ein
- 26 Dilemma, da man sich auch teilweise wieder etwas widerspricht.

## TP6

- 1 00:27:25 TP6: Das sind mir zuviele Klänge jetzt, ich weiß ich gar nicht mehr, wie ich die so richtig zuordnen soll.
- 3 00:29:42 TP6: Das kann ich sagen, das ist meine Waschmaschine, wenn sie abgelaufen ist.
- 4 00:45:32 TP6: Das hat mich am meisten beeindruckt von der Gefährlichkeit. Ja, da würde ich 5 am schnellsten reagieren.
- 6 00:46:42 TP6: Das klingt wie die Sirenen von der Polizei.
- 7 00:56:46 TP6: Im Prinzip schon das zweite Szenario immer mit Klang, weil das stimuliert auch 8 was in der Psyche.
- 9 00:57:57 TP6: Zum Beispiel bei uns das Martinshorn könnte ich mir als Klang vorstellen und 10 wenn es ganz doll ist, dann die Polizeisirenen wie bei amerikanischen Filmen mit Verfolgungsjagden. Die haben so eine Frequenz und auch mit kurzen Unterbrechungen.
- 11

# TP7

- 1 00:44:50 TP7: Mit Sound - weil es eindringlicher ist.
- 2 00:45:03 TP7: Es wäre auf jeden Fall noch eindringlicher, wenn nicht der Dauerton spielt, sondern
- 3 etwas Staccato, unterbrochen gespielt wird. [macht Sound nach] Dat, dat, dat.
- 4 00:47:16 TP7: Sonstiges würde ich da sagen. Den Klang halte ich jetzt nicht so geeignet bzw. nicht für
- 5 diesen Zweck.
- 6 00:47:39 I: Kannst Du das noch näher ausführen? Assoziierst Du mit dem Klang irgendwas anderes,
- 7 was nicht zu dieser Art von Notfall passt?
- 8 00:47:46 I: Weil es der Ton für dich wie was anderes dann klingt, oder?
- 9 00:48:01 I: Manche haben zu anderen Klängen auch gesagt, oh, das klingt, wie wird meine
- 10 Waschmaschine, deswegen bringt es nichts, weil ich es dann z.B. mit einem Haushaltsgerät
- 11 verwechsle.
- 12 00:48:13 I: In dem Fall wäre das dann so, dass du sagst, ja, also der Dialog ja schon, oder?
- 13 00:48:19 TP7: Der Dialog schon, ja ok.
- 14 00:48:21 I: Dann kann man auch A einloggen, da das nur der Dialog war.
- 15 00:49:35 TP7: Also der hat auf jeden Fall eine gute Alarm Wirkung mit Ton und Sprache. Das ist im
- 16 Prinzip auch das, was ich beim Ersten [Klangbeispiel] gesagt habe: Dieses Absetzen von dem Klang
- 17 und dann dre- oder mehrfach wiederholen
- 18 00:51:02 TP7: Das klingt wie der Trockner oder Waschmaschine. So einen Klang gibt es bei vielen
- 19 Haushaltsgeräten
- 20 00:51:40 I: Welche Variante würde für dich da den Inhalt des zweiten Szenarios geeigneter
- 21 kommunizieren?
- 22 00:51:55 TP7: Ja, dann doch die Variante mit dem Sound zusammen.
- 23 00:53:55 TP7: Nee, dann machen wir beim zweiten Beispiel natürlich auch Klang und Dialog, weil das
- 24 hat dann eine Alarmwirkung
- 25 00:55:10 TP7: Ja klar, dann machen wir mit dem Alarm. Das ist auf jeden Fall wichtiger aber der Klang
- 26 hat nicht so eine überzeugende Alarmwirkung.
- 27 00:55:27 TP7: Also ähnlich wie bei Trockner oder Waschmaschine, da ist die Eindeutigkeit nicht so
- 28 gegeben. Es klingt nicht nach einer Ausnahmesituation.

## D. Beispiel einer manuellen Randomisierung in „Google Forms“

Reihenfolge der Abschnitte ändern

Überprüfen Sie nach dem Neuordnen die Navigationslogik zwischen den Bereichen.

SC2: Schlauder Begleiter - moderierter User*innentest	Abschnitt 1 von 35
Personenbezogene Daten	Abschnitt 2 von 35
Hörvermögen	Abschnitt 3 von 35
Intro	Abschnitt 4 von 35
1. Schritt: Die 4 Einsatzszenarien des Schlaufen Begleiters	Abschnitt 5 von 35
1.13	Abschnitt 6 von 35
1.12	Abschnitt 7 von 35
1.3	Abschnitt 8 von 35
1.5	Abschnitt 9 von 35
1.4	Abschnitt 10 von 35
1.7	Abschnitt 11 von 35
1.1	Abschnitt 12 von 35
1.6	Abschnitt 13 von 35
1.9	Abschnitt 14 von 35
1.2	Abschnitt 15 von 35
1.8	Abschnitt 16 von 35
1.11	Abschnitt 17 von 35
1.15	Abschnitt 18 von 35
1.14	Abschnitt 19 von 35
1.17	Abschnitt 20 von 35
1.10	Abschnitt 21 von 35
1.20	Abschnitt 22 von 35
1.18	Abschnitt 23 von 35
1.19	Abschnitt 24 von 35
2. Schritt Welcher Klang passt Ihrer Meinung nach am besten zum jeweiligen Szenario (Rangliste der Klänge)	Abschnitt 25 von 35
2. Schritt Welcher Klang passt Ihrer	Abschnitt 26 von 35

SC2 Protokoll 01

Reihenfolge der Abschnitte ändern

Überprüfen Sie nach dem Neuordnen die Navigationslogik zwischen den Bereichen.

SC2: Schlauder Begleiter - moderierter User*innentest	Abschnitt 1 von 35
Personenbezogene Daten	Abschnitt 2 von 35
Hörvermögen	Abschnitt 3 von 35
Intro	Abschnitt 4 von 35
1. Schritt: Die 4 Einsatzszenarien des Schlaufen Begleiters	Abschnitt 5 von 35
1.10	Abschnitt 6 von 35
1.8	Abschnitt 7 von 35
1.11	Abschnitt 8 von 35
1.2	Abschnitt 9 von 35
1.19	Abschnitt 10 von 35
1.17	Abschnitt 11 von 35
1.20	Abschnitt 12 von 35
1.4	Abschnitt 13 von 35
1.13	Abschnitt 14 von 35
1.5	Abschnitt 15 von 35
1.6	Abschnitt 16 von 35
1.12	Abschnitt 17 von 35
1.16	Abschnitt 18 von 35
1.1	Abschnitt 19 von 35
1.3	Abschnitt 20 von 35
1.14	Abschnitt 21 von 35
1.9	Abschnitt 22 von 35
1.15	Abschnitt 23 von 35
1.7	Abschnitt 24 von 35
1.18	Abschnitt 25 von 35
2. Schritt Welcher Klang passt Ihrer Meinung nach am besten zum jeweiligen Szenario (Rangliste der Klänge)	Abschnitt 26 von 35

B3

Kurzfee  
Hausha  
Begleite  
passen

Kurzantv

Nach Abs

Abschnitt

3. Schr

Im näch

Anschlie  
geeignet  
Kombina  
ansprec

Welche  
geeigne

A4

B4

Wer

A4

Abbrechen Speichern

Abbrechen Speichern

## E. Messung SPL in dB(A) in 2 m Entfernung zum LS

**Tabelle E1**

*Messung Schalldruckpegel in 2 m Entfernung zum LS*

		<b>Szenario</b>	
<b>Szenario W1</b>	<b>SPL in dB(A)</b>	<b>W3</b>	<b>SPL in dB(A)</b>
w1_alarm	66,8	w3_alarm	73,1
w1_beeps	77,6	w3_beeps	74,5
w1_bells	65,9	w3_bells	68,7
w1_synth	75,1	w3_synth	74,4
w1_tfg	70,8	w3_tfg	74,3

<b>Szenario A2</b>		<b>Szenario S4</b>	
a2_alarm	79	s4_alarm	73,8
a2_beeps	76,7	s4_beeps	73,5
a2_bells	71,5	s4_bells	74,7
a2_synth	80,5	s4_synth	77,6
a2_tfg	74,7	s4_tfg	76

*Anmerkung. mw = 73,86 dB(A).*

## F. Abbildungen Frequenzbereiche UI Soundpacks

Abbildung F1

Frequenzbereich TFG Soundpack



Abbildung F2

Frequenzbereich BEEPS Soundpack



**Abbildung F3**

*Frequenzbereich SYNTH Soundpack*



**Abbildung F4**

*Frequenzbereich ALARM Soundpack*



**Abbildung F5**

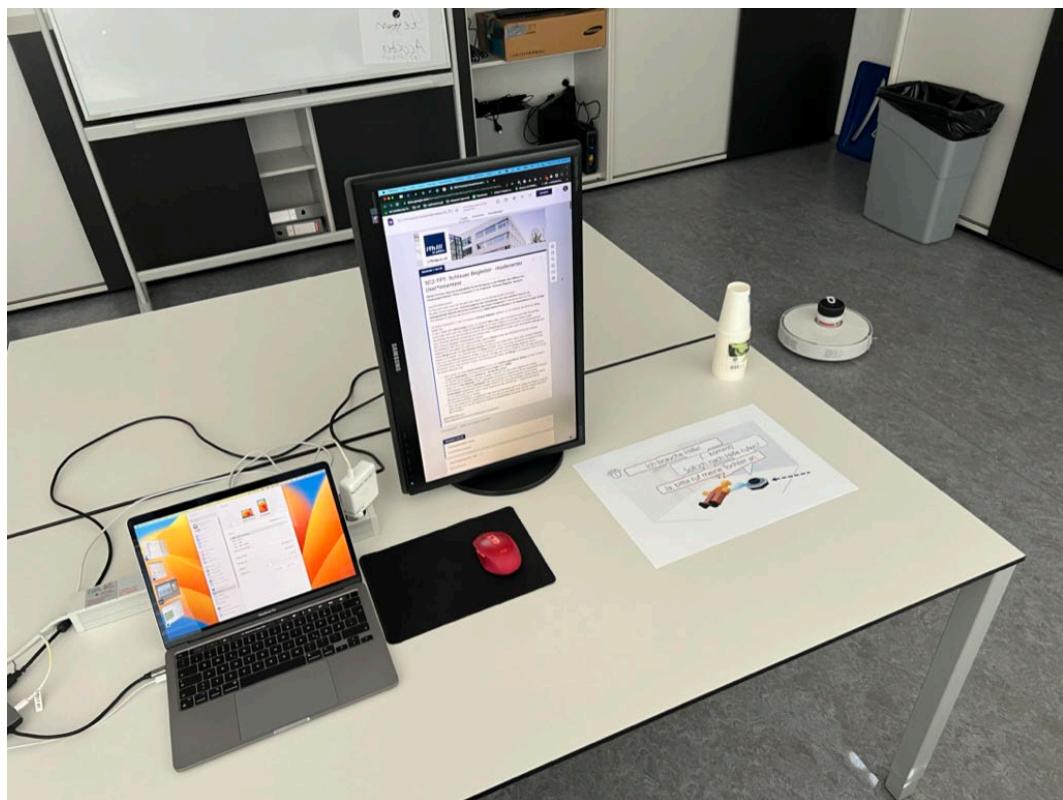
*Frequenzbereich BELLS Soundpack*



## G. Abbildungen Testräumlichkeiten TP1-7

Abbildung G1

Versuchsaufbau TP1



**Abbildung G2**

*Versuchsaufbau TP2+3*



**Abbildung G3**

*Versuchsaufbau TP4*



**Abbildung G4**

*Versuchsaufbau TP5-7*



## H. Danksagung

Ich möchte diese Gelegenheit nutzen, um meine tiefempfundene Dankbarkeit gegenüber denjenigen auszudrücken, die maßgeblich zur Realisierung dieser Masterarbeit beigetragen haben. Zunächst gilt mein besonderer Dank Herrn FH-Prof. Andreas Jakl, MSc, der als Erstbetreuer nicht nur für wissenschaftliche Anleitung, sondern auch für die Bereitstellung essentieller Ressourcen, wie die Hardware zur SC2-Testung und die Vermittlung von Testuser\*innen, gesorgt hat. Des Weiteren danke ich Herrn Mathis Nitschke für die kompetente Zweitbetreuung meiner Arbeit.

Ein besonderer Dank geht auch an das SC2-Projektteam, insbesondere Dr. Sabine Lehner, BA MA, für die exzellente zusätzliche Unterstützung. Frau Mag. Ulrike Wieländer verdanke ich die Zurverfügungstellung von Räumlichkeiten für den moderierten User\*innentest sowie wertvolle infrastrukturelle Ratschläge.

Für (teilweise auch kurzfristige) technische Unterstützung bin den Mitarbeiter\*innen des Verleihs der FH St. Pölten sehr dankbar und Herrn Michael Gattringer vom FH-Facility Management für das Lasermessgerät zur Verfügung gestellt hat. In fachlicher Hinsicht profitierte ich von den Ratschlägen von Johannes Helberger im Bereich UX/UI Sounds und Produktsounddesign sowie der Expertise von Manuela Marquardt, M.A. allgemein und zur quantitativen und Lisa Winter, MA BA zur qualitativen Evaluation. Isabel Casado-Losada, MSc, war eine unverzichtbare Quelle für Ratschläge bei der quantitativen Auswertung und Manuel Schumach, BSc, bot wertvolle Hinweise zur Strukturierung der Arbeit.

Des Weiteren danke ich Melanie Acosta, MSc für das sorgfältige Korrekturlesen und insbesondere für den emotionalen Support. Dieser Dank erstreckt sich auch auf meine Familie und Freund\*innen, die in dieser besonderen Phase meine größten Stützen waren.

Schließlich danke ich all jenen, die nicht namentlich erwähnt wurden, aber dennoch einen wesentlichen Beitrag zu dieser Forschungsarbeit geleistet haben.

Mit aufrichtigem Dank,



Steffen Acosta