

Abschlussbericht zum Projekt „VAPIHA: Virtueller Audiologe für die patientenindividuelle Hörgeräteanpassung“

Projektlaufzeit: 01.04.2021 – 31.12.2024

Förderkennzeichen: 16SV8654 (Vibrosonic), 16SV8655 (FreshX)

1. Einleitung und Überblick

Das Verbundvorhaben VAPIHA hatte das Ziel, eine interaktive Plattform zur individuellen Hörgeräteanpassung durch die Hörgeräteträger:innen selbst zu entwickeln. Die beiden Projektpartner Vibrosonic GmbH und FreshX GmbH verbanden in dem Projekt ihre Kompetenzen in Medizintechnik, Audiologie und der Entwicklung plattformunabhängiger intelligenter Softwarelösungen. Ziel war es, ein System zu entwickeln, das neue Hörgerätetechnologien – insbesondere die von Vibrosonic entwickelte Hörkontaktlinse – durch intelligente Softwarekomponenten ergänzt und somit eine neuartige, patientenzentrierte Anpassung ermöglicht.

2. Kurze Darstellung

2.1 Aufgabenstellung

Das Projekt VAPIHA sollte zeigen, dass eine dynamische, interaktive Hörgeräteanpassung durch Hörgeräteträger:innen mit Hilfe eines „virtuellen Audiologen“ möglich ist. Dieser sollte als cloudbasiertes System basierend auf Nutzerrückmeldungen optimal angepasste Geräteeinstellungen für innovative Hörsysteme wie die Hörkontaktlinse ermitteln. Dieser Ansatz sollte zudem verwendet werden, um ein neuartiges Verfahren zur Dynamikkompression zu erproben und hierbei zügig zu geeigneten, individuell angepassten Parametern für den entsprechenden Algorithmus zu gelangen.

2.2 Voraussetzungen für die Durchführung

Das Projekt wurde im Verbund zwischen den Firmen Vibrosonic GmbH und FreshX GmbH durchgeführt. Insgesamt verfügten die Partner über hervorragende Voraussetzungen für die Durchführung des Projekts: Vibrosonic brachte audiologisches Know-How ein sowie mit der Hörkontaktlinse eine innovative Technologie, die eine qualitativ hochwertige Audiowiedergabe ermöglicht. FreshX brachte umfassende Erfahrung in der Software- und Cloudentwicklung ein. Obwohl das Projekt in Zeiten der Covid-19-Pandemie durchgeführt wurde, wurde es hierdurch nur unwesentlich beeinflusst. Die Kommunikation der Projektpartner wurde während der gesamten Projektlaufzeit durch zunächst wöchentliche Online-Workshops, die Nutzung digitaler Tools zum Informations- und Datenaustausch, sowie durch einige wenige Vor-Ort-Projekttreffen sichergestellt. Der Austausch verlief hierbei effizient und sehr fruchtbar.

2.3 Planung und Ablauf

Die Planung des Projekts war in sieben Arbeitspakete gegliedert, die nach ursprünglicher Planung schrittweise über 3 Jahre hinweg bearbeitet werden sollten. Die Projektplanung wurde zunächst eingehalten, wobei jedoch – trotz kostenneutraler Verlängerung um 6 Monate – aufgrund einer verspäteten Finalisierung des interaktiven Gesamtsystems aus App und Cloud-Plattform die geplante Patientenstudie zu dessen Erprobung nicht mehr im Projektzeitraum durchgeführt werden konnte. Grund für die entstandenen Verzögerungen war zum einen die Notwendigkeit, Teile des Ansatzes entgegen der ursprünglichen Planungen, lediglich einen Proof-of-Concept zu erarbeiten, bereits stärker zu optimieren, da mit der initial erreichten Performance eine Studiendurchführung nicht sinnvoll erschien. Bis zum Projektende konnten

die technischen Voraussetzungen für einen klinischen Test des Ansatzes im Nachgang des Projekts jedoch erfolgreich geschaffen werden.

2.4 Wissenschaftlich-technischer Stand bei Projektbeginn

Zum Start des Projekts existierten zwar etablierte Erstanpassungsverfahren für Hörgeräte, diese waren jedoch auf klassische Luftleitungshörgeräte ausgelegt und daher typischerweise auf Frequenzen zwischen 250 Hz bis 8 kHz beschränkt. Für die Hörkontaktlinse, welche sowohl tiefere als auch höhere Frequenzen ohne akustischen Verschluss des Gehörgangs darbieten kann, fehlten passende Anpassungsregeln. Auch eine automatisierte individuelle Optimierung der über die Verstärkung hinausgehenden Parameter von Hörgeräten war weitgehend unerforscht.

3. Eingehende Darstellung

3.1 Erzielte Ergebnisse

Das Projekt VAPIHA verfolgte das Ziel, eine innovative Plattform zur individualisierten Hörgeräteanpassung durch Hörgeräteträger:innen selbst zu entwickeln.

Bereits im ersten Projektjahr wurde die Grundlage für das VAPIHA-System gelegt. In interdisziplinären Workshops (Online und Offline) erfolgte ein intensiver Know-how-Transfer zwischen den Partnern:

- **FreshX** brachte u.A. Expertise zu skalierbarer Cloud-Architektur, App-Entwicklung und UX ein,
- **Vibrosonic** lieferte Informationen zu verfügbaren audiologischen Modellen, Simulationen, geeigneter Parametrierungslogik zur Konfiguration von Hörgeräten, sowie Kenntnisse zur Patienteninteraktion.

Das resultierende Systemkonzept umfasst grundlegend – analog zum Vorgehen in der klassischen Hörgeräteanpassung – zwei Stufen:

1. **Initiale Erstanpassung („First-Fit“)** durch Analyse von Hörprofilen
2. **Iterative, testbasierte Verfeinerung** basierend auf individuellem Hörstatus

Das System wurde dabei so entworfen, dass Nutzer:innen in möglichst wenigen Iterationen möglichst schnell zu einer ersten brauchbaren, individuellen Hörgeräteanpassung kommen. Indem die Nutzer:innen anschließend weitere Rückmeldungen gaben, können sie ihre Einstellungen individualisiert weiter verfeinern.

Alle Systemkomponenten (App, Cloud, Audiologie-Module) wurden modular und schnittstellenoffen entworfen, indem – wo möglich – sehr spezifische Hörgeräteparameter abstrahiert und in ihrer Anzahl möglichst reduziert wurden. Bei der Abstraktion und Vereinfachung der Parameter wurde anhand eines Satzes repräsentativer Hörverlustprofile sichergestellt, dass alle realistischerweise sinnvollen und möglichen Parameterkombinationen trotz Parameterreduktion mit ausreichender Genauigkeit eingestellt werden können.

Die Projektpartner entwickelten in enger Zusammenarbeit eine leistungsstarke Simulationsumgebung zur Bewertung von Hörgeräteparametern. Rechenintensive Module wurden hierbei von Octave nach C/C++ portiert, um eine ausreichende Performance des Systems zu ermöglichen. Insgesamt ermöglicht das System die Verarbeitung von täglich ca. 40000h Audiomaterial derart, dass diese vom virtuellen Audiologen zur automatisierten, individuellen Bewertung von Hörgeräteeinstellungen verwendet werden können.

Zudem untersuchte Vibrosonic unterschiedliche audiologische Messverfahren im Hinblick auf ihre Eignung für die Nutzung durch den virtuellen Audiologen. Alle Verfahren wurden für die Nutzung in der VAPIHA-App in interaktive App-Module integriert und so für den Einsatz in einer Studie nutzbar gemacht.

Eine von FreshX erarbeitete App fungiert hierbei als zentrales Interface zwischen Nutzer:in und dem VAPIHA-System. Ihre Kernmerkmale:

- **Modularer Aufbau** mit klar getrennten Testbausteinen
- **Zielgruppenorientiertes UX** mit Click-Dummies evaluiert und iterativ verfeinert
- **Gamification-Komponenten** (Levelstruktur, Fortschrittsanzeige), die zur wiederholten Nutzung motivieren

Des Weiteren wurde zudem untersucht, welche Audio-Codecs aus audiologischer Sicht für eine Übertragung von Stimuli für Hörversuche mit BLE geeignet sind. Hierbei kommt es – im Gegensatz zu den klassischen Consumer-Anwendungen – nicht nur auf eine als ausreichend *empfundene* Audioqualität an. Vielmehr ist wichtig, dass die von Patient:innen im Rahmen der Hörversuche zu diskriminierenden Stimuli auch objektiv nicht in einer Weise verfälscht werden, die zu einer audiologisch relevanten Veränderung der Testergebnisse führen. Durch Nutzung des erarbeiteten Simulationsframeworks konnte ein Audio-Codec identifiziert werden, welcher eine komprimierte Übertragung der Stimuli ohne Einfluss auf die Ergebnisse von Hörtests ermöglicht.

Neben der Erarbeitung der Plattform für den virtuellen Audiologen sollte im Projekt auch untersucht werden, inwieweit ein neuartiges Verfahren zur Dynamikkompression umsetzbar ist und eine Verbesserung des Sprachverstehens ermöglicht. Hierbei wurden folgende Erkenntnisse erzielt:

- Die Implementierung auf realer Hörgeräte-DSP-Hardware stieß in der jetzigen Form auf technische Limitierungen (Speicher / Rechenleistung). Es sind weitreichende Anpassungen erforderlich, um das Verfahren auf aktueller Hardware nutzbar zu machen.
- Eine Untersuchung mit Proband:innen wurde durchgeführt, um den Einfluss der in Platt implementierten Expansion auf das Sprachverstehen zu untersuchen. Hierbei wurde in ad-hoc-Sprachverstehenstests jedoch zunächst ein *negativer Effekt* der Expansion ermittelt.
- Weitere Untersuchungen deuteten darauf hin, dass dieser negative Effekt durch längerfristiges Training reduziert werden könnte. Daher sind für eine eindeutige Bewertung des Verfahrens voraussichtlich Langzeitversuche erforderlich.

3.2 Voraussichtlicher Nutzen, Verwertung und Erfahrungen

Nutzen:

Obwohl bisher keine klinischen Studiendaten zum Gesamtkonzept vorliegen, ist der erwartete Nutzen der Ergebnisse für die beteiligten Unternehmen, für Patient:innen sowie für Audiolog:innen sehr hoch:

- Vibrosonic konnte im Verlaufe des Projekts ein vollständiges Modell seiner parallel hierzu erarbeiteten Hörgerätesignalverarbeitung inklusive relevanter physikalischer Limitierungen erstellen und das erarbeitete System zur Bewertung audiologischer Parameter für unterschiedliche Schwerhörigkeitsgrade verwenden – ohne hierfür initial Probandenversuche durchführen zu müssen.
- Das VAPIHA-System ermöglicht, individuelle Zielkriterien bei der Optimierung der Hörgeräteparameter für die oben genannte Signalverarbeitung vorzugeben, und

ermittelt abhängig vom eingegebenen Hörprofil Hörgerätekonfigurationen, die sich von bestehenden Regeln zwar zum Teil deutlich unterscheiden, im Direktvergleich jedoch als plausibel bewertet werden können. Hierbei ist kein direktes Vorwissen über bestehende Anpassregeln eingeflossen, sondern die verwendeten Parameter ergeben sich einzig aus der simulativen Bewertung audiologischer Zielkriterien. Vorteil dieses Ansatzes ist, dass auch Parameter, die durch klassische, frei verfügbare Anpassregeln nicht vorgegeben werden, vom VAPIHA-System individuell optimiert werden können.

- Für Patient:innen ergibt sich hieraus der Vorteil, dass die Berücksichtigung individueller Wünsche nicht mehr – wie sonst üblich – durch rein empirische, eindimensionale Parameter wie „Erfahrung“ erfolgt. Dem virtuellen Audiologen steht stattdessen wesentlich detaillierteres Wissen über die Wahrnehmung der individuellen Patient:innen sowie die Eigenschaften des Hörgeräts zur Verfügung als es Hörakustiker:innen möglich ist.
- Für Hörakustiker:innen ergibt sich perspektivisch eine Entlastung durch teilautomatisierte, qualitativ fundierte und individualisierte Anpassvorschläge, welche basierend auf Patientenrückmeldungen (teil-)automatisiert verfeinert werden können. Hörakustiker:innen können sich so auf besonders schwierige Fälle konzentrieren.