

Verwendung von Sprachtests im Freifeld in Deutschland

Zusammenfassung

Sprachtests sind wichtige audiometrische Verfahren, welche unter anderem für die Diagnostik von Hörbeeinträchtigungen, die Validierung einer Hörgeräte- oder Cochlea-Implantat-Versorgung oder auch für Forschungszwecke eingesetzt werden. Grundlegende Prinzipien für die Anwendung von Sprachtests sind in DIN EN ISO 8253-3:2022 beschrieben. Dazu gehören unter anderem die Einweisung der Probanden, die Bestimmung des Sprachverstehens über Kopfhörer und im freien Schallfeld sowie die Festlegung der Sprach- und Störschallpegel. Außerdem wird in der Norm darauf hingewiesen, dass die Ergebnisse der Sprachtests von der Position der Lautsprecher und den Eigenschaften des Messraums abhängen. Jedoch werden die Lautsprecherkonfigurationen und die Raumakustik nicht näher spezifiziert. Um abschätzen zu können, welche Randbedingungen in der Praxis bei der Verwendung von Sprachtests mit Lautsprecherdarbietung in verschiedenen Einrichtungen vorzufinden sind, wurde eine Online-Befragung durchgeführt. Dabei wurde nach dem verwendeten Sprachtest, dem Störgeräusch, den Messräumen, den Lautsprecheranordnungen und der Optimierungsbereitschaft gefragt. Die Umfrage ergab, dass der Freiburger Einsilbertest von allen Sprachtests am meisten eingesetzt wird und die Messungen größtenteils in Audiometrieräumen durchgeführt werden. Die Antworten lassen jedoch keine Aussagen darüber zu, ob die Messräume die raumakustischen Anforderungen der Norm ISO 8253-2 einhalten. Die Art des verwendeten Sprachtests und die Darbietungsrichtungen des Sprach- und Störsignals unterscheiden sich in Abhängigkeit von der Einrichtungsart und der Messabsicht, was eine Vereinheitlichung von Messungen zum Sprachverstehen im Störgeräusch erschwert. Deshalb ist eine Dokumentation der Messbedingungen, insbesondere der verwendeten Lautsprecheranordnung, empfehlenswert.

Schlüsselwörter: Sprachtests, Sprachverstehen, Freifeld, Störschall, Lautsprecheranordnung, Raumakustik

Einleitung

Sprachtests in Ruhe und im Störgeräusch gehören zur täglichen Praxis von Audiologen, Ärzten und Hörakustikern. Das Sprachverstehen ist ein wichtiger Indikator, um einen einschränkenden Hörverlust zu diagnostizieren und zu beurteilen. Außerdem können Sprachtests zur Überprüfung des Erfolgs einer Cochlea-Implantat(CI)- oder Hörgeräteversorgung eingesetzt werden, indem die Verbesserung des Sprachverstehens gegenüber der unversorgten Kondition oder einer anderen Geräteeinstellung ermittelt wird [1], [2].

Die Verwendung von Sprachtests ist allgemein in DIN EN ISO 8253-3:2022 [3] und für die verschiedenen Einsatzbereiche in entsprechenden Richt- und Leitlinien definiert [4], [5]. DIN EN ISO 8253-3:2022 [3] beschreibt, dass die Ergebnisse der Sprachaudiometrie vom verwendeten Sprachmaterial und dem Testverfahren abhängen und legt deshalb Mindestanforderungen für eine bessere Vergleichbarkeit fest. Sie definiert unter anderem die Anforderungen an das Sprachmaterial, die Sprach- und

Störgeräuschpegel und die Vorbereitung und Einweisung der Probanden sowie die frontale Darbietung des Sprachsignals. Außerdem wird darauf verwiesen, dass bei vergleichenden Messungen des Sprachverstehens in der unversorgten und versorgten Kondition die Positionen der Lautsprecher und die Art des freien Schallfeldes angegeben werden müssen [3]. Die Norm [3] verweist darauf, dass die raumakustischen Anforderungen bei der Schallfeldaudiometrie in ISO 8253-2 [6] definiert sind, welche die zulässigen Schalldruckpegel in Terzbändern für drei verschiedene Arten des Schallfeldes enthält. Die ISO 8253-2 weist jedoch darauf hin, dass die Umgebung, in der Schallfeld-Audiometrie vorgenommen wird, sehr verschieden sein kann und der Anwender selbst entscheiden muss, um welche Art von Schallfeld (freies, diffuses oder quasi-freies Schallfeld) es sich handelt und welche Festlegungen für das gegebene Schallfeld zutreffen. Welche Sprachtests für die CI- und Hörgeräte-Versorgung auf welche Art und Weise verwendet werden sollen, definieren sowohl die Richtlinie des gemeinsamen Bundesausschusses über die Verordnung von Hilfsmitteln in der

Larissa Warkentin¹
Inga Holube²
Alexandra Winkler²
Florian Denk¹
Tobias
Sankowsky-Rothe²
Matthias Blau²
Hendrik Husstedt¹

1 Deutsches Hörgeräte Institut
GmbH, Lübeck, Deutschland

2 Institut für Hörtechnik und
Audiologie, Jade Hochschule,
Oldenburg, Deutschland

vertragsärztlichen Versorgung (Hilfsmittel-Richtlinie) [4], als auch die Leitlinie „Cochlea-Implantat Versorgung“ der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie e.V. (DGHNO) [5].

Laut Hilfsmittel-Richtlinie [4] darf für die Verordnungsfähigkeit von Hörgeräten das Sprachverstehen mit Kopfhörern auf dem besseren Ohr, bei der Verwendung des Freiburger Einsilbertests (FBE), bei einem Sprachpegel von 65 dB Sound Pressure Level (SPL) nicht mehr als 80% betragen. Um den Erfolg einer Hörgeräteversorgung festzustellen, können laut Hilfsmittel-Richtlinie unterschiedliche Messungen des Sprachverstehens im freien Schallfeld eingesetzt werden. Eine relative Verbesserung des Sprachverstehens mit Hörgeräten im Vergleich zur unversorgten Situation kann mit dem FBE in Ruhe oder im Störgeräusch, dem Oldenburger Satztest (OLSA) oder dem Göttinger Satztest (GÖSA) erfolgen [4].

Laut der Leitlinie „Cochlea-Implantat Versorgung“ [5] werden Messungen des Sprachverstehens bei einer CI-Versorgung für die Vordiagnostik, die Beurteilung des Versorgungsbedarfs, die Hörgeräteüberprüfung und die postoperative Kontrolle eingesetzt. Hierfür können in Abhängigkeit vom Restgehör und je nachdem, ob es sich um Kinder oder Erwachsene handelt, unterschiedliche Sprachtests verwendet werden. Neben dem FBE und dem Freiburger Zahlentest (FBZ) können der Hochmair-Schulz-Moser(HSM)-Satztest, der OLSA oder der GÖSA für die Sprachaudiometrie genutzt werden [7]. Für einen Teil dieser Sprachtests schlägt die Leitlinie die Sprachpegel und die Lautsprecheranordnung S_0N_0 vor, d.h. Sprache und Störgeräusch aus dem gleichen Lautsprecher von vorn [5]. Für die Sprachaudiometrie im Kindesalter werden in der CI- und Hörgeräte-Versorgung entsprechend des Entwicklungsalters weitere Sprachtests wie zum Beispiel der Mainzer Kindersprachtest (MAK), der Göttinger Kindersprachverständnistest (GKST), der Oldenburger Kinder-Satztest (OLKISA) oder der Oldenburger Kinder-Reimtest (OLKI) eingesetzt [8]. Die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung sieht für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen im Bereich „Lärm“ ebenfalls eine Sprachaudiometrie vor. Hierfür können der FBE und der FBZ eingesetzt werden [9]. Auch im Forschungsbereich werden Sprachtests für vielerlei Anwendungen eingesetzt, wobei häufig keine speziellen Richtlinien vorhanden sind und die Sprachtests passend zur Fragestellung gewählt werden können. Dadurch kann ein größerer Fokus auf die Genauigkeit gesetzt werden, während Zeit und Aufwand geringeres Gewicht haben. Für manche Forschungsbereiche gibt es jedoch Konsensus-Publikationen, welche das Ziel haben, die Verwendung von Sprachtests für eine bessere Vergleichbarkeit von Studienergebnissen zu vereinheitlichen. Dafür werden bestimmte Mindestanforderungen, wie z.B. der Präsentationspegel oder die Lautsprecheranordnung, definiert [10], [11]. Die Ergebnisse der Umfrage sind besonders hilfreich, wenn im Rahmen der Forschungsfrage die Situation in der Praxis nachgebildet werden soll. So kann beispielsweise eine für die Praxis repräsentative Lautsprecheranordnung gewählt werden.

Je nach Einsatzbereich und Messabsicht gibt es demnach unterschiedliche Vorgaben, welche Sprachtests verwendet werden können und welche Messbedingungen dabei eingehalten werden sollen. Jedoch sind die Messbedingungen, wie zum Beispiel die Raumakustik, die Lautsprecheranordnung oder die Art des Zusatzschalls nicht vollständig spezifiziert, weshalb vermutet wird, dass es gerade in diesen Bereichen Unterschiede bei der praktischen Durchführung gibt. Auch in anderen Ländern wurden die Unterschiede in der Auswahl und Durchführung von Sprachtests im Störgeräusch aufgrund fehlender Standardisierung und unterschiedlicher Zielsetzung untersucht und diskutiert [12], [13], [14]. Außerdem wird davon berichtet, dass ein Mangel an Zeit, technischer Ausstattung und Verfügbarkeit verschiedener Sprachtests zu Unterschieden in der Anwendung führen. Verschiedene Studien zeigen, dass diese Faktoren einen entscheidenden Einfluss auf das Sprachverstehen und somit auch auf die Messergebnisse bei der Sprachaudiometrie haben, so dass die Vergleichbarkeit der Ergebnisse reduziert sein kann.

Um abschätzen zu können, wie groß die Unterschiede bei der Verwendung von Sprachtests in verschiedenen Einsatzbereichen sind, wurde im Rahmen einer Online-Befragung erhoben, welche Sprachtests mit welchen Lautsprecherkonfigurationen und in welchen Messräumen verwendet werden. Auf diese Weise sollte die Forschungsfrage beantwortet werden, welche Sprachtests wie angewendet werden. Die Antworten der Umfrage sollen unter anderem zur Auswahl relevanter Messbedingungen dienen, in denen Referenzwerte bei Probanden mit Normalhörigkeit für eine neue Norm des FBE erhoben werden.

Methoden

Stichprobe

Die Verteilung der Online-Befragung erfolgte über die Mail-Verteiler der wesentlichen Fachgesellschaften und Berufsverbände. Zum einen wurde die Umfrage an die Mitglieder der Bundesinnung der Hörakustiker KdÖR (biha) verteilt, wodurch vordergründig Hörakustik-Fachgeschäfte und Bildungseinrichtungen erreicht wurden. Dieser Mail-Verteiler umfasst laut eigenen Angaben der biha ca. 2.500 Unternehmen (Hauptbetriebe) bei denen ca. 6.900 Fachgeschäfte (Filialen) angeschlossen sind. Zusätzlich wurde der Mail-Verteiler der Deutschen Gesellschaft für Audiologie (DGA) genutzt, über den unter anderem klinische Einrichtungen, CI-Audiologen, Forschungseinrichtungen und Hörgeräte-Hersteller erreicht wurden. Der Mail-Verteiler der DGA zählt 633 Mitglieder, wobei der Großteil aus Deutschland stammt. Es wird vermutet, dass auch Mitglieder aus Österreich und der Schweiz den Fragebogen beantwortet haben, jedoch liegen dazu keine Zahlen vor, da dieser Aspekt nicht im Rahmen der durchgeführten Umfrage erfasst wurde. Als drittes wurde die Umfrage an die Mitglieder des Deutschen Berufsverbandes der Hals-Nasen-Ohrenärzte e.V. versendet, wo-

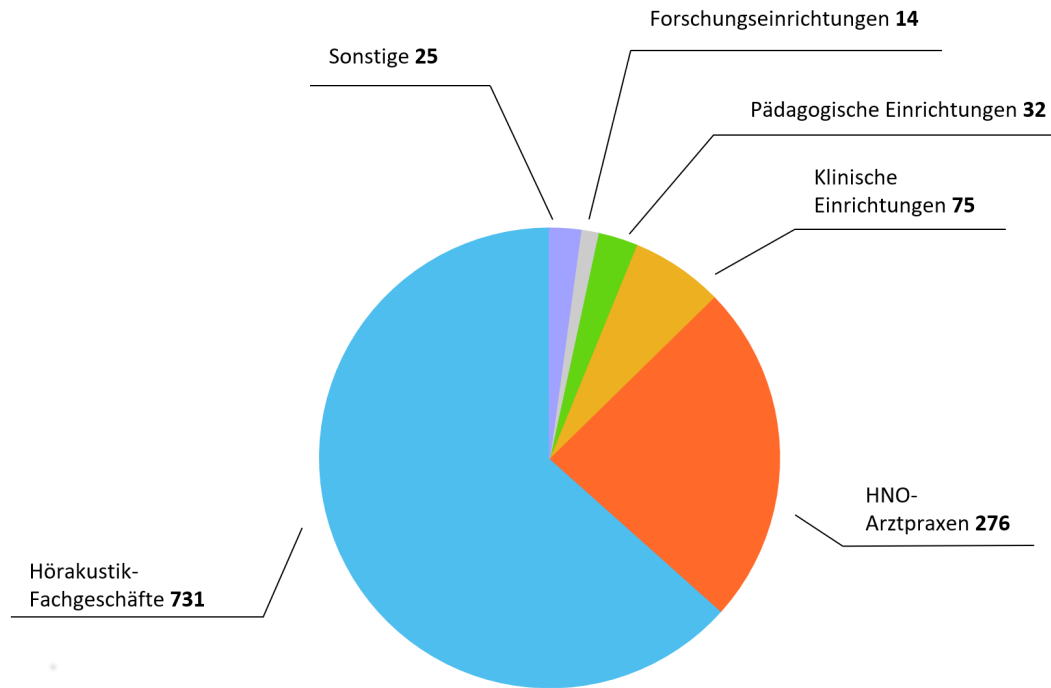


Abbildung 1: Anzahl der Teilnehmenden jeder Einrichtungsart

durch vordergründig HNO-Arztpraxen, aber auch klinische Einrichtungen und Pädaudiologen erreicht wurden. Nach Angaben des Berufsverbandes der Hals-Nasen-Ohrenärzte e.V. sind über 80% der berufstätigen, ambulant tätigen HNO-Ärzte Mitglied im HNO-Berufsverband. Laut einer Branchenanalyse gibt es in Deutschland 1.845 HNO-Arztpraxen [15].

Insgesamt wurde die Umfrage von 1.154 Teilnehmern beantwortet. Vom Mail-Verteiler der biha wurden mit insgesamt 742 Fragebögen die meisten Online-Fragebögen ausgefüllt. Das entspricht einem Anteil von 30% aller Befragten dieses Mail-Verteilers, d.h. ca. 2.500 Mailadressaten. Vom Berufsverband der HNO-Arztpraxen wurden 281 Online-Fragebögen ausgefüllt und vom Mail-Verteiler der DGA 131, was einem Anteil von 21% der Befragten dieses Mail-Verteilers entspricht. Jedoch muss berücksichtigt werden, dass in vielen Einrichtungen mehrere DGA-Mitglieder tätig sind und dadurch vermutlich ein wesentlich höherer Anteil der Einrichtungen an der Umfrage teilnahm. Abbildung 1 zeigt die Anzahl der Teilnehmenden aus jeder Einrichtungsart.

Der größte Anteil der Online-Fragebögen wurde von 731 Teilnehmenden aus Hörakustik-Fachgeschäften ausgefüllt, womit die notwendige Stichprobengröße für ein Konfidenzniveau von 95% erreicht wurde. 276 der Fragebögen wurden von Teilnehmenden aus HNO-Arztpraxen beantwortet, sodass mit dieser Stichprobengröße nur ein Konfidenzintervall von 90% erfüllt werden konnte. Von klinischen Einrichtungen wurden insgesamt 75 Online-Fragebögen ausgefüllt, von pädagogischen Einrichtungen 32, von Forschungseinrichtungen 14 und die restlichen 25 Fragebögen wurden über das Feld „Sonstige“ als Freitext von Forschungseinrichtungen, Bildungseinrichtungen, Hörgeräte-Herstellern, der Pädaudiologie, CI-Zentren und der Begutachtung ausgefüllt.

Umfrage

Die Umfrage wurde online über Google Formulare erstellt und über einen Zeitraum von 5 Monaten beantwortet [16]. Die Erhebung erfolgte freiwillig und anonymisiert, sodass lediglich die Antworten auf die Fragen und keine personenbezogenen Daten gespeichert wurden. Die Teilnehmenden wurden in einem Einleitungstext darüber informiert, wer die Daten erhebt und zu welchem Zweck die Daten erhoben werden. Damit wurde sichergestellt, dass die ethischen Aspekte der Online-Studie wie die Anonymisierung und Pflicht zur Information eingehalten werden.

Um eine möglichst hohe Rücklaufquote zu erreichen, wurde der Fragebogen im Umfang stark begrenzt und auf die Forschungsfrage fokussiert. Der Einleitungstext weist darauf hin, dass pro Einheit/Filiale/Standort nur ein Fragebogen ausgefüllt werden sollte. Anschließend sollten die Teilnehmer sechs Fragen beantworten, wovon fünf Fragen von den Teilnehmern verpflichtend beantwortet werden mussten. Die Beantwortung von Frage 4 war optional. Die verpflichtend zu beantwortenden Fragen sind mit einem * gekennzeichnet. Die Fragen und Antworten lauteten wie in Abbildung 2 dargestellt.

Die Zuordnung zu den Einrichtungsarten erfolgte von den Teilnehmenden selbst. Eine genauere Prüfung der tatsächlichen Zugehörigkeit zu der entsprechenden Einrichtungstyp oder doppelt ausgefüllter Fragebögen war nicht möglich, da zwecks der Anonymität keine zusätzlichen Angaben erhoben wurden. Die Antworten zu Frage 3 nach den verwendeten Sprachtests sind an der Hilfsmittel-Richtlinie orientiert. Frage 4, welche von allen 1.154 Teilnehmenden optional beantwortet werden konnte, wurde von 117 Teilnehmenden nicht beantwortet.

1. In welcher Art Einrichtung sind Sie tätig? *

- Hörakustik-Fachgeschäft
- HNO-Arztpraxis
- Klinische Einrichtung
- Pädagogische Einrichtung
- Forschungseinrichtung
- Sonstige: _____

2. Wie viele Räume der folgenden Kategorien nutzen Sie für die Sprachaudiometrie im Freifeld? *

	0	1	2-3	4-7	8-15	16-32	>32
• Akustisch unbehandelter Raum (z.B. Büroraum, Praxisraum):	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Akustisch leicht behandelter Raum (z.B. vereinzelt Akustikabsorber an Decke oder Wand):	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Audiometrieraum (Akustische Absorber an allen Wänden und an der Decke, sehr gute akustische Dämmung von Umgebungsgeräuschen):	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Vollfreifeldraum („schalltoter“ Raum):	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3. Welche Sprachtests nutzen Sie im Freifeld? *

- Freiburger Einsilbertest im Störgeräusch
- Freiburger Einsilbertest in Ruhe
- Oldenburger Satztest (OLSA)
- Göttinger Satztest (GÖSA)
- Sonstige: _____

4. Wenn Sie den FBE im Störgeräusch verwenden, welches Störgeräusch verwenden Sie regelmäßig?

- Das dazugehörige Rauschen (CCITT-Rauschen bzw. sprachsimulierendes Rauschen)
- Sonstige: _____

5. Welche der folgenden Lautsprecheranordnungen verwenden Sie für die Darbietung des Sprach- und Störsignals? *

- S0N0: Sprache von vorne (0°), Rauschen von vorne (0°)
- S0N45 bzw. S0N-45: Sprache von vorne (0°), Rauschen von schräg vorne (45° oder -45°)
- S0N90 bzw. S0N-90: Sprache von vorne (0°), Rauschen von der Seite (90° oder -90°)
- S0N135 bzw. S0N-135: Sprache von vorne (0°), Rauschen von schräg hinten (135° oder -135°)
- S0N180: Sprache von vorne (0°), Rauschen von hinten (180°)
- S-45N45 bzw. S-45N-45: Sprache von schräg vorne (45° oder -45°), Rauschen von der gegenüberliegenden Seite schräg vorne (-45° oder 45°)
- S0N±45: Sprache von vorne (0°), Rauschen gleichzeitig von vorne rechts und links (+45° und -45°)
- S0Noben: Sprache von vorne (0°), Rauschen von der Decke ("Klangdusche")
- Sonstige: _____

6. Wären Sie bereit, die räumliche Anordnung der Lautsprecher für die Darbietung des Sprachtests im Störgeräusch aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse zu optimieren bzw. zu ändern? *

- Ja, ich möchte auf jeden Fall die optimale Lautsprecheranordnung verwenden.
- Ja, wenn für mich kein großer Aufwand entsteht.
- Nein, das ist aufgrund der Bauweise der Räume nicht möglich.
- Nein, da ich die bisherige Anordnung der Lautsprecher für angemessen halte.
- Sonstige: _____

Abbildung 2: In der Umfrage gestellte Fragen mit Antwortmöglichkeiten

Auf Wunsch des HNO-Berufsverbands wurde die Umfrage für diesen Verteiler leicht modifiziert. Die Frage 2 zu den verwendeten Räumen wurde in eine optional zu beantwortende Frage abgeändert. Bei Frage 5 wurde die Lautsprecheranordnung $S_{90}N_{90}$ als Antwortmöglichkeit für den Mail-Verteiler des HNO-Berufsverbands ergänzt. Da die Umfrage zu dem Zeitpunkt bereits an die anderen beiden Mail-Verteiler verteilt war, konnten diese Änderungen nicht für alle Teilnehmenden vereinheitlicht werden. Frage 2 wurde von 23 der 281 Teilnehmenden des HNO-Mail-Verteilers nicht beantwortet. Das entspricht einem Anteil von 8,2% der Teilnehmenden, weshalb trotz der Änderungen von einer Vergleichbarkeit der Umfrageergebnisse ausgegangen wurde.

Datenauswertung

Die Auswertung der Daten erfolgte mit deskriptiver Statistik in Matlab (MathWorks, R2023a). Für die Auswertung der teilnehmenden Einrichtungsarten wurde die Anzahl der Antworten pro Einrichtungsart als Kreisdiagramm dargestellt (siehe Abbildung 1). Um die prozentuale Verteilung der vorhandenen Raumarten pro Einrichtungsart zu berechnen (Frage 2), wurde bei den einzelnen Antwortmöglichkeiten jeweils von der mittleren Anzahl der vorhandenen Räume ausgegangen. Ein Beispiel für die Berechnung des prozentualen Anteils der Audiometrieräume in klinischen Einrichtungen ist in Tabelle 1 aufgeführt. Durch diese Art der Auswertung konnte die prozentuale Verteilung der Raumarten in den einzelnen Einrichtungen unabhängig von der Anzahl der Antworten dargestellt werden.

Die Fragen nach den verwendeten Sprachtests (Frage 3) und Lautsprecheranordnungen (Frage 5) wurde ausgewertet, indem für jede Antwortmöglichkeit und Einrichtungsart die Anzahl der Antworten ins Verhältnis zur Gesamtanzahl der Teilnehmer der entsprechenden Einrichtungsart gesetzt wurde. Zusätzlich wurde für jede Antwortmöglichkeit ein Mittelwert über alle Einrichtungsarten gebildet. Die Fragen 2–5 wurden außerdem statistisch mit dem χ^2 -Unabhängigkeitstest dahingehend untersucht, ob es signifikante Zusammenhänge zwischen der Einrichtungsart und der jeweiligen Kategorie (Art des Raumes, Art des verwendeten Sprachtests und Lautsprecheranordnung) gibt.

Wenn bei Fragen, welche die Option hatten, eine eigene Antwort zu formulieren, von mindestens 2% der Teilnehmenden dieselbe Antwort gegeben wurde, wurde diese Antwort zusätzlich in die Auswertung aufgenommen. Alle weiteren Antworten wurden als „Sonstige“ gewertet.

Ergebnisse

Art der verwendeten Räume

Zahlenmäßig wurden Audiometrieräume mit einem Anteil von 54,3% am häufigsten für Sprachtests im Freifeld angegeben (siehe Abbildung 3). Sie werden vor allem von

pädagogischen Einrichtungen, klinischen Einrichtungen und sonstigen Einrichtungen verwendet und weniger von Forschungseinrichtungen. Die zweithöchste Anzahl der genutzten Räume in der audiometrischen Praxis sind akustisch leicht behandelte Räume (23,1%). Die meisten Räume dieser Art gibt es in Hörakustik-Fachgeschäften und die wenigsten in klinischen Einrichtungen.

Die geringste Anzahl der Räume sind in den Kategorien „Akustisch unbehandelte Räume“ und „Vollfreifeldräume“ vorhanden. Die meisten akustisch unbehandelten Räume sind in klinischen Einrichtungen und Forschungseinrichtungen vorhanden und die meisten Vollfreifeldräume werden nach Angabe der Einrichtungen von HNO-Arztpraxen für die Sprachaudiometrie verwendet. Um zu überprüfen, ob die Art des verwendeten Raumes von der Einrichtungsart abhängt, wurde ein χ^2 -Unabhängigkeitstest durchgeführt. Dieser ergab, dass es einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Art des verwendeten Raumes und der Art der Einrichtung gibt ($\chi^2(15, N=4.303,5)=461,3, p<0,001$).

Verwendete Sprachtests und Störgeräusche

Abbildung 4 zeigt die in den verschiedenen Einrichtungen genutzten Sprachtests und deren prozentuale Verteilung. Der FBE in Ruhe wird laut Umfrage mit durchschnittlich 91,7% von den meisten Einrichtungen verwendet. Danach folgen der FBE im Störgeräusch mit 68,8%, der OLSA mit 61,2%, Kinder-Sprachtests mit 37,8% und der GÖSA mit 28,5%. Sonstige Sprachtests wie zum Beispiel der FBZ oder der HSM-Satztest werden durchschnittlich von 11,5% der Einrichtungen verwendet.

Die meisten klinischen Einrichtungen, pädagogischen Einrichtungen und Hörakustik-Fachgeschäfte verwenden den FBE in Ruhe. Hörakustik-Fachgeschäfte und pädagogische Einrichtungen verwenden meist auch den FBE im Störgeräusch. Der OLSA wird hingegen kaum von Hörakustik-Fachgeschäften und HNO-Arztpraxen verwendet, sondern eher von klinischen Einrichtungen, pädagogischen Einrichtungen und Forschungseinrichtungen. Kinder-Sprachtests, wie zum Beispiel MAK, OLKISA, OLKI oder GKST werden am meisten von sonstigen Einrichtungen verwendet. Eine statistische Überprüfung dahingehend, ob die Nutzung verschiedener Sprachtests von der Art der Einrichtung abhängt, erfolgte mit dem χ^2 -Unabhängigkeitstest und ergab, dass es einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Einrichtungsart und den verwendeten Sprachtests gibt ($\chi^2(25, N=2.726)=478,6, p<0,001$).

Wenn der FBE im Störgeräusch zum Einsatz kommt, wird zu 96,9% auch das zugehörige CCITT-Rauschen verwendet. Von den restlichen 3,1% der Teilnehmenden gaben 26 Teilnehmer an, dass sie weißes Rauschen, Breitbandrauschen, Schmalbandrauschen, ein Rauschen der Terzotherapie oder andere Störgeräusche nutzen. Die Frage wurde von 123 Teilnehmenden nicht beantwortet.

Tabelle 1: Beispiel für die Auswertung der vorhandenen Audiometrieräume in klinischen Einrichtungen

Antwortmöglichkeit	0	1	2-3	4-7	8-15	16-32	>32
Anzahl der Antworten von Teilnehmenden aus klinischen Einrichtungen in der Kategorie „Audiometrieräume“	4	21	26	23	3	0	0
Daraus resultierende mittlere Anzahl der vorhandenen Audiometrieräume	0·4=0	1·21=21	2,5·26=65	5,5·23=126,5	11,5·3=34,5	24·0=0	32·0=0
Gesamtanzahl der Audiometrieräume in klinischen Einrichtungen	21+65+126,5+34,5=247						
Gesamtanzahl aller Räume (ak. unbehandelt, ak. leicht behandelt, Audiometrieräume u. Vollfreifeldräume) in klinischen Einrichtungen	406						
Prozentualer Anteil der Audiometrieräume	247/406·100=60,8%						

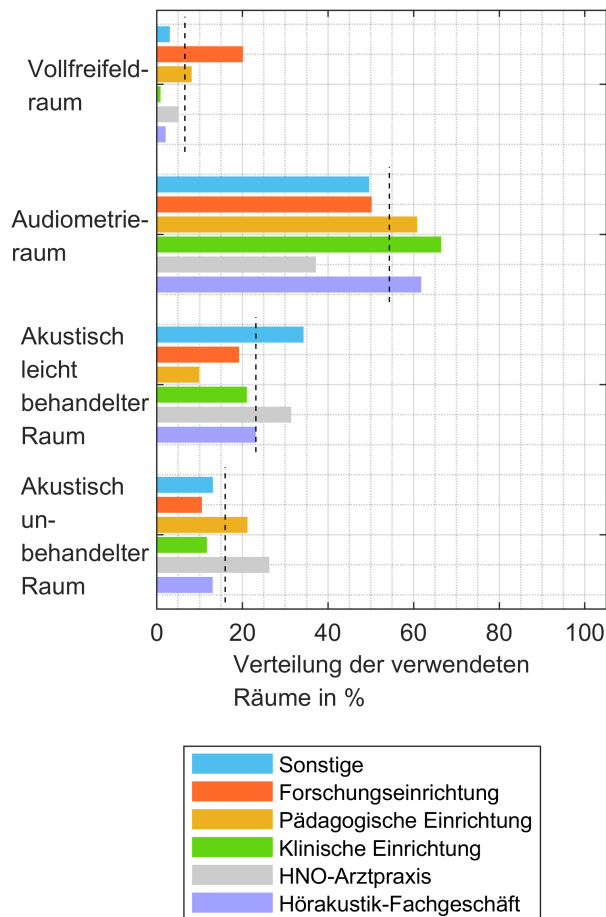


Abbildung 3: Verhältnis der für die Sprachaudiometrie im Freifeld genutzten Raumarten zur Gesamtanzahl der vorhandenen Räume pro Einrichtungsart in Prozent

Lautsprecheranordnungen für die Darbietung des Sprach- und Störsignals

Für die Darbietung des Sprach- und Störsignals werden je nach Einrichtung unterschiedliche Lautsprecheranordnungen verwendet (siehe Abbildung 5). Die meisten Einrichtungen nutzen mit durchschnittlich 55,8% die Lautsprecheranordnung S_0N_0 , gefolgt von S_0N_{180} (43,6%), S_0N_{90} (42,9%) und S_0N_{45} (21,7%). Alle anderen Lautsprecheranordnungen werden von weniger als 20% der Einrichtungen genutzt.

Die meisten Teilnehmenden aus Forschungseinrichtungen gaben an, dass sie beide Signale aus dem gleichen

Lautsprecher von vorne präsentieren (S_0N_0) oder die Lautsprecheranordnung S_0N_{90} verwenden. Die wenigsten Hörakustik-Fachgeschäfte nutzen im Vergleich zu anderen Einrichtungen die Lautsprecheranordnung S_0N_0 und präsentieren das Sprachsignal meist von vorne und das Störgeräusch von hinten (S_0N_{180}). Die meisten klinischen Einrichtungen nutzen S_0N_0 und S_0N_{90} für die Darbietung der Signale. Die meisten HNO-Arztspraxen verwenden die Lautsprecheranordnungen S_0N_0 , S_0N_{45} und S_0N_{90} . Mehrkanaliges Rauschen wird am ehesten von Forschungseinrichtungen verwendet. Die statistische Überprüfung des Zusammenhangs zwischen der Einrichtungsart und der verwendeten Lautsprecheranordnung mittels χ^2 -Unabhängigkeitstest ergab, dass ein signifikanter Zusammenhang

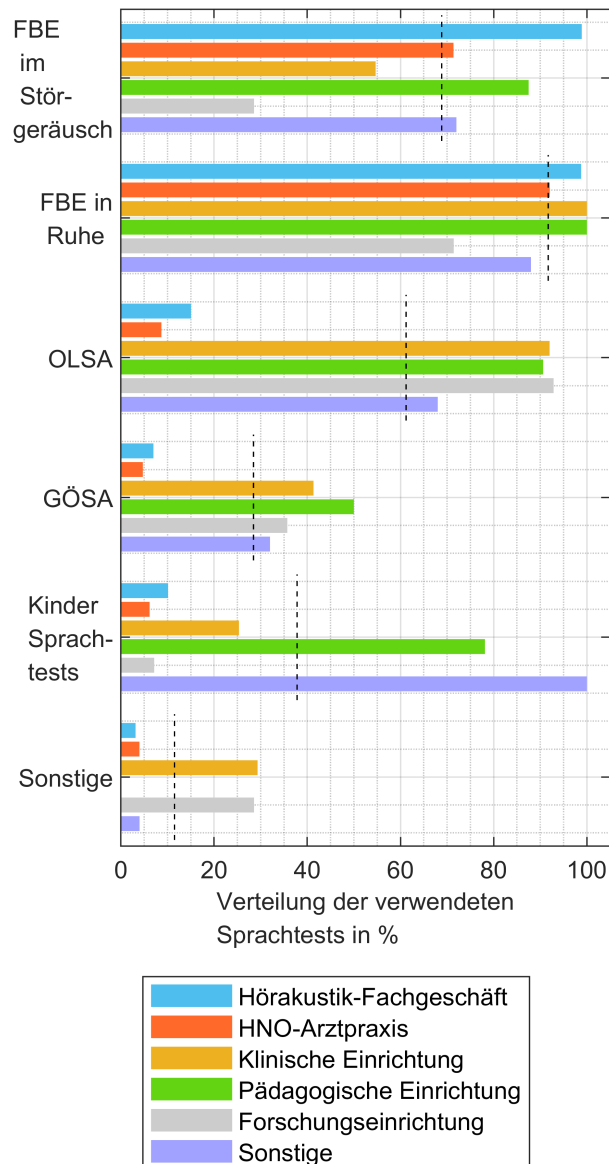


Abbildung 4: Verwendete Sprachtests pro Einrichtungstyp in Prozent. Hierfür wurde das Verhältnis der Anzahl der Antworten pro Antwortmöglichkeit zur Anzahl der Teilnehmer pro Einrichtungstyp bestimmt.

zwischen der Art der Einrichtung und der verwendeten Lautsprecheranordnung besteht ($\chi^2(45, N=1.984)=551,7, p<0,001$).

Um zu untersuchen, ob es einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der verwendeten Lautsprecheranordnung und der Art des Raumes gibt, wurden die Antworten auf die Fragen 2 und 5 mit dem χ^2 -Unabhängigkeitstest untersucht. Die statistische Analyse ergab keinen signifikanten Zusammenhang zwischen diesen beiden Messbedingungen ($\chi^2(27, N=1.000)=14,1, p=0,31$).

Auf die Frage, ob die Teilnehmenden bereit wären, die Lautsprecheranordnung aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse zu ändern, antworteten 70% mit „Ja“. Der größere Anteil dieser Teilnehmenden ist zu einer Änderung bereit, wenn dadurch kein großer Aufwand für sie entsteht. 30% der Teilnehmenden wären nicht bereit, ihre Lautsprecheranordnung für die Darbietung von Sprach- und Störsignalen zu ändern. Ein großer Teil der Teilneh-

menden (24%) kann dies aufgrund der Bauweise der Räume nicht umsetzen.

Diskussion

Diese Online-Befragung zur Darbietung von Sprachtests im Freifeld gibt mit insgesamt 1.154 Teilnehmenden einen guten Überblick über die in der Audiometrie verwendeten Räume, Sprachtests und Lautsprecheranordnungen. Durch die verwendeten Mail-Verteiler sind die wesentlichen Fachgesellschaften und Berufsverbände, welche die Sprachaudiometrie im Freifeld durchführen, vertreten, sodass die Ergebnisse der Online-Umfrage einen guten Gesamteindruck der Verwendung in unterschiedlichen Einrichtungstypen liefern.

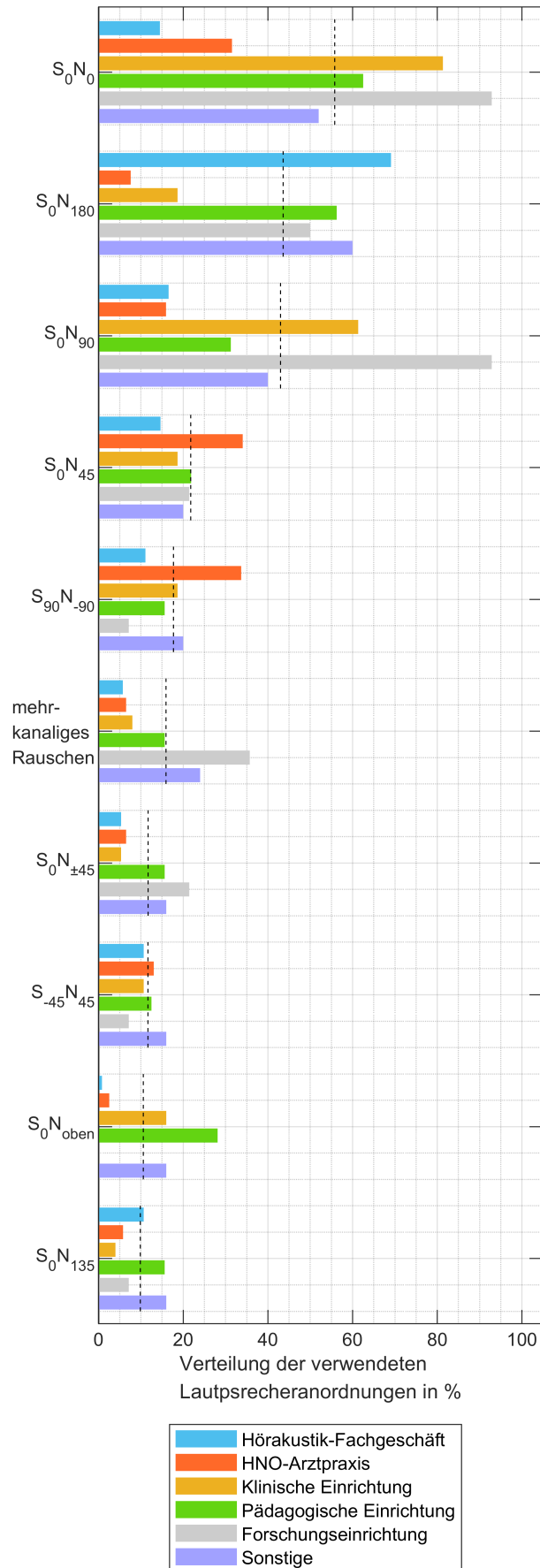


Abbildung 5: Prozentuale Verteilung der verwendeten Lautsprecheranordnungen für die Darbietung von Sprache (S) und Störgeräusch (N) pro Einrichtungsart. Hierfür wurde das Verhältnis der Anzahl der Antworten pro Antwortmöglichkeit zur Anzahl der Teilnehmenden pro Einrichtungsart bestimmt.

Limitierende Aspekte aufgrund der gewählten Methodik

Die in dieser Arbeit durchgeführte Online-Befragung weist Limitierungen auf, welche sich erst während der Befragung und der Auswertung der Antworten ergaben und im Hinblick auf die Ergebnisbeurteilung berücksichtigt werden sollten. Zur Wahrung der Anonymität wurden in dieser Umfrage keine persönlichen Daten und keine genaueren Daten zur Einrichtungszugehörigkeit (Name der Einrichtung o.ä.) erhoben. Aus diesem Grund musste auf die eigenständige Zuordnung der Teilnehmenden zu einer Einrichtungsart vertraut werden. Außerdem können doppelt ausgefüllte Fragebögen innerhalb einer Einrichtung nicht ausgeschlossen werden. Weiterhin kann bei den Befragten des Mail-Verteilers der DGA nicht ausgeschlossen werden, dass auch Teilnehmende aus Österreich und der Schweiz den Fragebogen beantwortet haben. Der Großteil dieses Mail-Verteilers stammt jedoch aus Deutschland. Für die Verteilung der Online-Befragung über den Mail-Verteiler des Berufsverbandes der HNO-Arztpraxen wurde die Umfrage auf Wunsch leicht modifiziert. Die Umfrage war zu diesem Zeitpunkt bereits über die anderen Mail-Verteiler versendet worden, weshalb Frage 2 zu den Räumen nur für den Mail-Verteiler der HNO-Arztpraxen optional und für die anderen Verteiler als Pflichtfrage zu beantworten war. Jedoch haben nur 8,2% der Teilnehmenden diese Frage nicht beantwortet, weshalb trotzdem von einer guten Vergleichbarkeit der Umfrageergebnisse ausgegangen werden kann. Eine weitere Modifikation war die zusätzliche Aufnahme der Antwortmöglichkeit $S_{90}N_{90}$ zu der Frage nach den verwendeten Lautsprecheranordnungen. Vermutlich wurde deshalb diese Antwortmöglichkeit von HNO-Arztpraxen am häufigsten angegeben. Weiterhin hätte eine genauere Abgrenzung der Raumkategorien, insbesondere eine explizite Definition des Begriffs „Vollfreifeldraum“, möglicherweise die Beantwortung der Frage für die Teilnehmenden vereinfacht.

Räume für die Sprachaudiometrie

Da die raumakustischen Bedingungen einen großen Einfluss auf die Ergebnisse von Sprachtests im Freifeld haben, sollen die Messräume den Anforderungen aus DIN EN ISO 8253-2:2010-7 [6] entsprechen. Ein unerwartet hoher Anteil der HNO-Arztpraxen, aber auch andere Einrichtungsarten gaben an, dass sie mindestens 32 Vollfreifeldräume für Sprachtests im Freifeld nutzen. Diese Angabe lässt an dem Verständnis der beschriebenen Raumkategorien und der Selbsteinschätzung der Einrichtungen zweifeln. Die Raumkategorien hätten möglicherweise für eine größere Trennschärfe und bessere Beantwortung der Frage genauer definiert werden können. Ein Großteil der Antworten erscheint jedoch plausibel. Laut dieser Umfrage stehen für die Sprachaudiometrie in den meisten Einrichtungen dafür vorgesehene Audiometrieräume zur Verfügung, welche die Anforderungen der Norm vermutlich in der Regel einhalten. Jedoch

kann es trotz Erfüllung dieser Anforderungen zu raumakustischen Unterschieden in der täglichen Anwendung von Sprachtests kommen. Der Schalldruckpegel im Raum hängt nicht nur von der Auskleidung der Böden und der Dämmung der Wände ab, sondern auch davon, welcher Schalldruckpegel außerhalb des Raumes beim alltäglichen Betrieb der jeweiligen Einrichtung herrscht. Ebenso berichtete Kießling davon, dass eine Vielzahl von CI-Patienten in kleinen Audiometrieräumen phobisch reagieren würde, somit häufig die Tür geöffnet wird und die zulässigen Schalldruckpegel im Raum nicht eingehalten werden können [17]. Unter diesen Umständen sind trotz der einheitlichen Verwendung von Audiometrieräumen raumakustische Unterschiede innerhalb dieser Kategorie sehr wahrscheinlich.

Zu durchschnittlich 23,1% werden „akustisch leicht behandelte“ Räume für die Audiometrie genutzt. In Hörakustik-Fachgeschäften, welche den größten Anteil der Befragung ausmachen, ist der Anteil noch höher (34,3%). Bei derartigen Räumen können die Unterschiede zwischen den Bedingungen, die während der Audiometrie im Raum vorherrschen, noch deutlich größer sein als zwischen Audiometrieräumen. Verschiedene Studien zeigen, dass die Raumakustik insbesondere für hörbeeinträchtigte Personen einen großen Einfluss auf das gemessene Sprachverstehen hat [18], [19]. Je größer der Hörverlust einer Person und je länger die Nachhallzeit in einem Raum ist, desto schlechter ist das Sprachverstehen. Demzufolge können Sprachverständlichkeitsmessungen in verschiedenen Räumen zu Fehlern in der Diagnostik einer Hörschädigung sowie der Evaluation einer Hörgeräteversorgung führen.

Die raumakustischen Bedingungen haben möglicherweise auf die Ergebnisse der Sprachaudiometrie in Ruhe einen geringeren Einfluss als auf die Messungen im Störgeräusch. Andererseits sind jedoch für die Sprachaudiometrie in Ruhe höhere Anforderungen bezüglich externer Störgeräusche notwendig als für die Sprachaudiometrie im Störgeräusch. Deshalb wäre es sinnvoll gewesen, die Zusammenhänge zwischen Art des Sprachtests und Art des Raumes in der Befragung zu erfassen. Um für alle Arten von Sprachtests vergleichbare Messergebnisse in verschiedenen Messräumen erzielen zu können, müssten die raumakustischen Bedingungen noch näher spezifiziert werden. Die Normbarkeit von Räumen ist jedoch so komplex, dass es schwierig wäre, die raumakustischen Anforderungen noch näher zu spezifizieren [20]. Ein Blick in die internationale Literatur zeigt, dass trotz einer Standardisierung der zulässigen Schalldruckpegel in audiologischen Messräumen diese Vorgaben nicht immer eingehalten werden [14], [21], [22].

Eine Vereinheitlichung der Messräume für die Audiometrie wäre aufgrund dieser Unterschiede kostenintensiv und baulich in vielen Einrichtungen nicht realisierbar. Aufgrund dieser raumakustischen Unterschiede sollte bei dem direkten Vergleich von Sprachtestergebnissen darauf geachtet werden, dass die Messungen im gleichen Raum durchgeführt werden. Im Bereich der Hörgeräteversorgung ist das allerdings nicht immer umsetzbar, da hier auch

Sprachtestergebnisse von Hörakustikern mit denen von niedergelassenen HNO-Ärzten verglichen werden.

Verwendung verschiedener Sprachtests

Wie auch in anderen Ländern hängt in Deutschland die Art der verwendeten Sprachtests stark mit den Vorgaben der Richt- und Leitlinien und der Zielsetzung zusammen. Der Freiburger Einsilbertest in Ruhe wird sowohl für die Überprüfung der Verordnungsfähigkeit von Hörhilfen als auch die Überprüfung des Hörhilfen-Versorgungserfolgs verwendet, weil der FBE in Ruhe laut Hilfsmittel-Richtlinie verpflichtend eingesetzt werden muss. Der Erfolg einer Hörgeräte-Versorgung kann, neben dem FBE in Ruhe, mit dem FBE im Störgeräusch, dem OLSA oder dem GÖSA erfolgen. Der FBE im Störgeräusch und der OLSA werden nach dem FBE in Ruhe von den meisten Einrichtungen eingesetzt, während der GÖSA von nur wenigen Einrichtungen verwendet wird. Insgesamt fünf Einrichtungen gaben an, dass sie den FBE weder in Ruhe noch im Störgeräusch nutzen. Hierbei handelt es sich um vier Forschungseinrichtungen, die den OLSA oder GÖSA verwenden, aber auch eine HNO-Arztpraxis, die angab, den OLSA zu verwenden.

Der FBZ, welcher ebenfalls zum klinischen Standard gehört, wurde selten von den Einrichtungsarten angegeben, was damit zusammenhängen könnte, dass er nicht direkt als Antwortmöglichkeit auswählbar war. Außerdem wird der FBZ in der audiometrischen Praxis häufig über Kopfhörer und nicht im Freifeld präsentiert und ist für die Evaluation der Hörgeräteversorgung eher ungeeignet. Die meisten Forschungseinrichtungen nutzen den OLSA, was vermutlich darin begründet ist, dass der Test durch die Matrixstruktur eine große Anzahl von Testlisten bereitstellt und ein präzises adaptives Testverfahren für ein Sprachverstehen von 50% oder auch andere Werte zur Verfügung stellt. Kinder-Sprachtests werden am häufigsten von sonstigen Einrichtungen angegeben, welche sich aus pädaudiologischen Einrichtungen, CI-Einrichtungen, Hörgeräte-Herstellern und Bildungseinrichtungen zusammensetzen. Neben der erwarteten Verwendung von Kinder-Sprachtests in pädaudiologischen Einrichtungen kann davon ausgegangen werden, dass diese auch bei Kindern mit Cochlea-Implantaten, in der Ausbildung oder bei der Entwicklung von Hörsystemen verwendet werden.

Neben den verwendeten Sprachtests wurde in der Umfrage erhoben, welches Störgeräusch üblicherweise für den Freiburger Einsilbertest verwendet wird. Hierbei gab ein Großteil der Teilnehmenden (96,9%) an, dass sie das CCITT-Rauschen verwenden. Dabei handelt es sich um das Rauschen, welches als Kalibriersignal mit dem Sprachmaterial geliefert wird. Andere Rauschsignale werden in der audiometrischen Praxis eher seltener verwendet, was vermutlich damit zusammenhängt, dass diese in der Audiometrie-Software meist nicht standardmäßig eingestellt sind, sondern extra ausgewählt werden müssten und der relative Pegelbezug zum Sprachsignal festgelegt werden müsste.

Anordnungen der Lautsprecher für die Darbietung von Sprache und Störgeräusch

Die Lautsprecheranordnungen S_0N_0 und S_0N_{180} werden am häufigsten von den Einrichtungen der audiometrischen Praxis verwendet. Dies könnte zum einen an der symmetrischen Darbietung liegen, wodurch keine gesonderte Betrachtung bei asymmetrischen Hörverlusten erfolgen muss. Bei S_0N_0 kann zudem nur ein Lautsprecher zum Einsatz kommen, wodurch der Platzbedarf für den Lautsprecheraufbau am geringsten ist. S_0N_0 wird neben Forschungseinrichtungen am meisten von klinischen Einrichtungen eingesetzt, da hier häufig CIs implantiert und angepasst werden und diese Lautsprecheranordnung von der Leitlinie „CI-Versorgung“ empfohlen wird [6]. Die wenigsten Hörakustik-Fachgeschäfte nutzen diese Lautsprecheranordnung, sondern zumeist S_0N_{180} . Das hängt vermutlich einerseits damit zusammen, dass diese Lautsprecheranordnung auch von den meisten Bildungseinrichtungen genutzt und den Auszubildenden der Hörakustik gelehrt wird. Andererseits ist bei dieser Lautsprecheranordnung der Gewinn des Sprachverstehens im Störgeräusch bei Hörgeräten mit Richtmikrofonen am größten. Der größte Anteil der HNO-Arztpraxen gab an, dass die Lautsprecheranordnungen S_0N_{45} und $S_{90}N_{90}$ genutzt werden. Aufgrund der unterschiedlichen Lautsprecheranordnungen kann sich das gemessene Sprachverstehen zwischen Hörakustik-Fachgeschäften und HNO-Arztpraxen unterscheiden. Um die Ergebnisse besser beurteilen zu können, ist es deshalb sinnvoll, die Lautsprecheranordnung, die für die Messungen verwendet wurde, zu dokumentieren. Außerdem könnte in einer neuen Norm für den FBE eine Lautsprecheranordnung für die Darbietung von Sprache und Störgeräusch empfohlen werden. Hierbei sollte jedoch darauf geachtet werden, dass sie möglichst wenig durch Messbedingungen wie die Raumakustik oder Kopfbewegungen beeinflusst werden kann und möglichst vielfältig einsetzbar ist. Für besondere Versorgungsüberprüfungen, wie zum Beispiel bei einer CROS-Versorgung, sollte die Freiheit gegeben werden, andere Lautsprecheranordnungen wie zum Beispiel $S_{90}N_{90}$ zu verwenden. Diese Lautsprecheranordnung war nur beim Berufsverband der Hals-Nasen-Ohrenärzte als Antwortmöglichkeit auswählbar und wurde deshalb von HNO-Arztpraxen am häufigsten angegeben. $S_{90}N_{90}$ wurde aber auch von Teilnehmenden der anderen Mail-Verteiler über das Feld „Sonstige“ mehrfach angegeben.

Ein Großteil der Forschungseinrichtungen gab an, dass sie mehrkanaliges Rauschen für die Sprachaudiometrie im Störgeräusch nutzen, da damit die Alltagssituationen am besten simuliert werden. Jedoch ist die Darbietung eines diffusen Störgeräuschs in den meisten Einrichtungen aufgrund der Bauweise der Räume nicht realisierbar. Ebenso bieten kommerzielle Audiometer nur selten die Möglichkeit, das Störgeräusch mehrkanalig darzubieten. Auch bei anderen Lautsprecheranordnungen sehen 24%

der Teilnehmenden Probleme einer möglichen baulichen Umsetzung. 6% der Befragten gaben an, dass sie ihre verwendete Lautsprecheranordnung für angemessen halten und deshalb nicht verändern wollen. Der Großteil aller Befragten wäre aber bereit, die Lautsprecheranordnung bei Bedarf zu optimieren. Eine Vereinheitlichung der Lautsprecheranordnungen würde die Vergleichbarkeit und die Beurteilung der Ergebnisse von Sprachtests vereinfachen.

Fazit

Die Umfrage lieferte durch die hohe Anzahl an Antworten von verschiedenen audiometrisch tätigen Einrichtungen auf Basis weniger Fragen einen guten Überblick über die Verwendung von Sprachtests im Freifeld. Wie zu erwarten wird der FBE am meisten verwendet. Das Ergebnis liegt darin begründet, dass die Hilfsmittel-Richtlinie den FBE für die Indikation und Überprüfung einer Hörgeräte-Versorgung vorgibt und der Sprachtest dadurch vor allem für Hörakustiker und HNO-Arztpraxen von Bedeutung ist. Sprachtests werden überwiegend in dafür vorgesehenen Audiometrieräumen durchgeführt, wobei die Umfrage keine Schlüsse darüber erlaubt, inwieweit die relevanten Normen (ISO 8253-0, -1 und -3) erfüllt werden. Die Lautsprecheranordnungen, welche für die Darbietung von Sprachtests im Störgeräusch verwendet werden, unterscheiden sich jedoch zwischen den Einrichtungen und deren Zielen für die Datenerhebung. Eine Vereinheitlichung erscheint daher schwierig, auch wenn eine direkte Vergleichbarkeit von Messergebnissen dadurch nicht immer gewährleistet ist. Aus diesem Grund sollte zumindest die verwendete Lautsprecheranordnung immer dokumentiert werden.

Anmerkungen

Förderung und Danksagung

Diese Umfrage wurde im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz geförderten Projekts RIBEFREI durchgeführt [Förderkennzeichen: O3TN0035B]. Die Autoren danken der Deutschen Gesellschaft für Audiologie e.V., der Bundesinnung der Hörakustiker KdÖR und dem Deutschen Berufsverband der Hals-Nasen-Ohrenärzte e.V. für das Verteilen der Umfrage sowie allen teilnehmenden Einrichtungen für die Beantwortung der Fragen.

Interessenkonflikt

Die Autoren erklären, dass sie keinen Interessenkonflikt in Zusammenhang mit diesem Artikel haben.

Literatur

1. Kießling J, Kollmeier B, Baumann U. Versorgung und Rehabilitation mit Hörgeräten. Stuttgart: Thieme; 1997.
2. Valente M. Strategies for Selecting and Verifying Hearing Aid Fittings. Stuttgart: Thieme; 2002.
3. DIN EN ISO 8253-3:2022-08, Akustik - Audiometrische Prüfverfahren - Teil 3: Sprachaudiometrie (ISO 8253-3:2022). Deutsche Fassung EN ISO 8253-3:2022. Berlin: Beuth; 2022. DOI: 10.31030/3296501
4. Gemeinsamer Bundesausschuss. Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses über die Verordnung von Hilfsmitteln in der vertragsärztlichen Versorgung. 2021.
5. Deutsche Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie e.V., et al. S2k-Leitlinie Cochlea-Implantat Versorgung AWMF. Registernummer 017/071. AWMF; 2020. Available from: <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/017-071>
6. DIN EN ISO 8253-2:2010-7, Akustik - Audiometrische Prüfverfahren - Teil 2: Schallfeld-Audiometrie mit reinen Tönen und schmalbandigen Prüfsignalen (ISO 8253-2:2009). Deutsche Fassung EN ISO 8253-2:2009. Berlin: Beuth; 2010. DOI: 10.31030/1571127
7. Deutsche Gesellschaft für Audiologie e.V. Audiologische Leistungen nach der CI-Indikation. Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Audiologie (DGA). Z Audiol. 2015;54(1):36-7.
8. Ptok M. Subjektive audiometrische Verfahren bei Kindern [Subjective audiometric procedures in children]. HNO. 2014 Oct;62(10):694-701. DOI: 10.1007/s00106-014-2887-4
9. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung. DGUV Empfehlungen für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen. Stuttgart: Gentner; 2022.
10. Maier H. Consensus Statement on Bone Conduction Devices and Active Middle Ear Implants in Conductive and Mixed Hearing Loss. Otol Neurotol. 2022 Jun;43(5):513-29. DOI: 10.1097/MAO.0000000000003491
11. Maier H, Baumann U, Baumgartner WD, Beutner D, Caversaccio MD, Keintzel T, Kompis M, Lenarz T, Magele A, Mewes T, Müller A, Rader T, Rahne T, Schraven SP, Schwab B, Sprinzi GM, Strauchmann B, Todt I, Wesarg T, Wollenberg B, Plontke SK. Minimal Reporting Standards for Active Middle Ear Hearing Implants. Audiol Neurootol. 2018;23(2):105-15. DOI: 10.1159/000490878
12. Parmar BJ, Rajasingam SL, Bizley JK, Vickers DA. Factors Affecting the Use of Speech Testing in Adult Audiology. Am J Audiol. 2022 Sep;31(3):528-40. DOI: 10.1044/2022_AJA-21-00233
13. Sharma S, Tripathy R, Saxena U. Critical appraisal of speech in noise tests: a systematic review and survey. Int J Res Med Sci. 2017;5(1):13-21. DOI: 10.18203/2320-6012.ijrms20164525
14. Suh MJ, Lee J, Cho WH, Jin IK, Kong TH, Oh SH, Lee HJ, Choi SJ, Cha D, Park KH, Seo YJ. Improving Accuracy and Reliability of Hearing Tests: An Exploration of International Standards. J Audiol Otol. 2023 Oct;27(4):169-80. DOI: 10.7874/jao.2023.00388
15. listflix. HNO-Ärzte. [cited 2023 Nov 20]. Available from: <https://listflix.de/gesundheit/aerzte/hno-aerzte/>
16. Google Workspace. Google Forms: Schnell und einfach aussagekräftige Informationen einholen. [cited 2023 Aug 3]. Available from: <https://www.google.de/intl/de/forms/about/#features>
17. Kießling J. Fehlerquellen in der Audiometrie - Grundlagen und Abhilfe. Prakt Arb med. 2006;(6):12-6.

18. Zahorik P, Brandewie E. Perceptual Adaptation to Room Acoustics and Effects on Speech Intelligibility in Hearing-Impaired Populations. *Proc Forum Acust.* 2011 Jun 27:2167-72.
19. Plomp R. Binaural and Monaural Speech Intelligibility of Connected Discourse in Reverberation as a Function of Azimuth of a Single Competing Sound Source (Speech or Noise). *Acustica.* 1976;34:200-11.
20. Nocke C. Raumakustik - Zur Normbarkeit von Räumen. *Akustik Journal.* 2019;(3):15-26.
21. Frank T, Williams DL. Ambient noise levels in audiometric test rooms used for clinical audiometry. *Ear Hear.* 1993 Dec;14(6):414-22. DOI: 10.1097/00003446-199312000-00007
22. Kim KS, Choi YH, Won YL, Kang SK. Ambient Noise Levels in the Audiometric Test Rooms Used for Special Periodic Health Examination. *Korean J Occup Environ Med.* 2004;16(3):316-29. DOI: 10.35371/kjoem.2004.16.3.316

Korrespondenzadresse:

Larissa Warkentin
Anschützstraße 1, 23562 Lübeck, Deutschland
l.warkentin@dhi-online.de

Bitte zitieren als

Warkentin L, Holube I, Winkler A, Denk F, Sankowsky-Rothe T, Blau M, Husstedt H. Verwendung von Sprachtests im Freifeld in Deutschland. *GMS Z Audiol (Audiol Acoust).* 2024;6:Doc09. DOI: 10.3205/zaud000044, URN: urn:nbn:de:0183-zaud0000449

Artikel online frei zugänglich unter

<https://doi.org/10.3205/zaud000044>

Veröffentlicht: 10.07.2024

Copyright

©2024 Warkentin et al. Dieser Artikel ist ein Open-Access-Artikel und steht unter den Lizenzbedingungen der Creative Commons Attribution 4.0 License (Namensnennung). Lizenz-Angaben siehe <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

Use of speech tests in a free field in Germany

Abstract

Speech tests are important audiometric procedures for diagnostics of hearing impairments, the validation of hearing aid or cochlear implant fittings, or research purposes. Basic guidelines for the application of speech tests are described in ISO 8253-3:2022. These include the instruction of the listeners, the application of speech tests via headphones and in free-field, and the specification of speech and noise levels. The standard also states that the results of speech tests depend on the loudspeaker positions as well as the room-acoustical conditions in which the measurements are performed. However, neither the loudspeaker configuration, nor the room acoustic conditions are further specified. To evaluate how much variation there is in the practical use of speech tests in different facilities, an online survey was conducted within German audiology-related societies querying the commonly used type of speech test and background noise, the type of test rooms in which the speech audiometry is performed in, the loudspeaker configuration, and the willingness to optimize the test setup. The results confirm that the Freiburg monosyllabic speech test is most frequently used, and measurements are mostly performed in audiometric test rooms. However, the survey does not provide information on whether these audiometric test rooms fulfil the room-acoustic requirements of ISO 8253-2. The type of speech test and loudspeaker configurations for speech and noise presentation differ depending on the facilities and their purposes, making standardization of speech tests in noise challenging. Therefore, the documentation of measurement conditions, especially of the loudspeaker configuration, is advisable.

Keywords: speech tests, speech recognition, free field, noise, loudspeaker configuration, room acoustics

Introduction

Speech tests in quiet and in noise are part of the daily practice of audiologists, physicians and hearing aid professionals, because speech recognition is an important indicator for diagnosing and assessing an impairing hearing loss. Speech tests can also be used to evaluate the success of a cochlear implant (CI) or hearing aid fitting by determining the improvement in speech recognition compared to the unaided condition or other device settings [1], [2].

The application of speech tests is generally defined in ISO 8253-3:2022 [3] and for various areas of application in corresponding guidelines [4], [5]. ISO 8253-3:2022 [3] states that the results of speech audiometry depend on the speech material used and the test procedure and therefore specifies minimum requirements for to enhance comparability. Among other things the standard defines the requirements for the speech material, the speech and noise levels and the preparation and instruction of the listeners as well as the frontal presentation of the speech signal. Additionally, it emphasizes that in compa-

relative measurements of speech recognition in unaided and aided conditions, the positions of the loudspeakers and the type of free field must be specified [3]. The standard [3] refers to ISO 8253-2 [6] which defines room-acoustic requirements for free-field audiometry and contains limits for background noise in third-octave bands for three different types of sound fields. However, ISO 8253-2 points out that the environment in which free field audiometry is conducted can vary significantly and the user must decide which type of sound field is given (free, diffuse, or quasi-free sound field) and which specifications are applicable to the given sound field. Which speech tests should be used for CI and hearing aid fitting and how they should be applied is defined both by the guidelines for hearing aid prescription of the Joint Federal Committee (G-BA) [4] and the guidelines "Cochlear implant provision" of the German Society of Oto-Rhino-Laryngology, Head and Neck Surgery (DGHNO) [5]. According to the hearing aid guidelines [4], speech recognition with headphones on the better ear, using the Freiburg Monosyllabic Speech Test (FBE) at a speech level of 65 dB SPL must not exceed 80% for hearing aids to be prescribed. To validate a hearing aid fitting, various speech tests can be used in a free field. A relative improve-

Larissa Warkentin¹
Inga Holube²
Alexandra Winkler²
Florian Denk¹
Tobias
Sankowsky-Rothe²
Matthias Blau²
Hendrik Husstedt¹

1 Deutsches Hörgeräte Institut
GmbH, Lübeck, Germany

2 Institute for Hearing
Technology and Audiology,
Jade University of Applied
Sciences, Oldenburg,
Germany

ment in speech recognition with hearing aids compared to the situation without hearing aids can be determined using the FBE in quiet or in noise, the Oldenburg Sentence Test (OLSA) or the Göttingen Sentence Test (GÖSA) [4]. According to the guideline “cochlear implant provision” [5], speech-recognition measurements as part of the CI provision are used for pre-diagnostics, assessment of care needs, hearing aid validation and post-operative monitoring. For this purpose, depending on the patients residual hearing and age, different speech tests can be used. In addition to the FBE and the Freiburg Two-Digit Number Test (FBZ), the Hochmair-Schulz-Moser (HSM) Sentence Test, the OLSA, or the GÖSA can be used for speech audiometry [7]. For some of these speech tests, the guidelines specify the speech levels and the loudspeaker arrangement S_0N_0 , i.e., speech and noise from the same loudspeaker from the front [5]. For speech audiometry in children, other speech tests such as the Mainz Speech Test for Children (MAK), the Göttingen Audiometric Speech Test for Children (GKST), the Oldenburg Sentence Test for Children (OLKISA) or the Oldenburg Rhyme Test for Children (OLKI) are used in CI and hearing aid treatment depending on the developmental age [8]. The German Social Accident Insurance (DGUV) also mandates speech audiometry for occupational health consultations and examinations in the field of “noise”. The FBE and FBZ can be used for this purpose [9]. Speech tests are also used for a wide range of applications in the field of research, whereby often no specific guidelines need to be considered and speech tests can be selected according to the research question. This allows a greater focus on accuracy, while time and effort are less important. In some fields of research, however, there are consensus publications that aim to standardize the usage of speech tests for better comparability of results. To this end, certain minimum requirements, such as the presentation level or loudspeaker configuration, are defined [10], [11]. The results of this survey are particularly helpful when the research question aims to replicate clinical practice. For instance, a loudspeaker configuration representative for clinical practice can be selected.

Depending on the application and measurement purpose, there are different specifications available which speech tests can be used and which measurement conditions should be considered. However, the measurement conditions, such as the room acoustics, the loudspeaker configuration, or the type of noise, are not fully specified, which suggests that there may be different implementations in clinical practice. Differences in the selection and implementation of speech tests in noise due to a lack of standardization and different objectives have also been investigated and discussed in other countries [12], [13], [14]. Additionally, it is reported that a lack of time, technical equipment, and availability of different speech tests lead to differences in practice. Various studies show that these factors have a crucial influence on speech recognition and thus on the speech test results, so that the comparability of results is limited.

To assess the extent of the different use of speech tests in various applications, an online survey was conducted to determine which speech tests, loudspeaker configurations and test rooms are mostly used. This approach aimed to answer the research question of which speech tests are used in daily practice and how. The survey responses are intended, among other purposes, to be used to select practically relevant measurement conditions in which reference values are collected from normal-hearing listeners to establish a new FBE standard.

Methods

Sample

The online survey was distributed via mailing lists of the key professional associations. First, the survey was addressed to the members of the Federal Guild of Hearing Aid Acousticians (biha), which primarily reached hearing-aid professionals and educational institutions. This mailing list comprises, according to biha’s own information, approximately 2,500 companies (head offices) with approximately 6,900 stores (subsidiaries) affiliated. Second, the mailing list of the German Society of Audiology (DGA) was used to reach clinical institutions, CI audiologists, research institutions and hearing-aid manufacturers. The DGA mailing list has 633 members, with the majority originating from Germany. It is suspected that members from Austria and Switzerland may also have responded to the questionnaire. However, no specific data is available as this aspect was not captured within the scope of the conducted survey. Thirdly, the survey was sent to members of the German Association of Ear, Nose and Throat Physicians (Deutscher Berufsverband der Hals-Nasen-Ohrenärzte e.V.), which primarily reached ENT (ear, nose and throat) physicians, as well as clinical facilities and paediatric audiologists. According to the German Association of Ear, Nose and Throat Physicians, over 80% of active, outpatient ENT physicians are members of the ENT professional association. According to an industry analysis, there are 1,845 ENT offices in Germany [15]. A total of 1,154 participants responded to the survey. The biha mailing list accounted for the majority of online surveys filled out, totaling 742 questionnaires. This represents approx. 30% of all respondents from this mailing list. From the professional association of ENT physicians, 281 online questionnaires were completed, and from the DGA mailing list 131 questionnaires were answered, accounting for 21% of respondents from this mailing list. However, it must be noted that many facilities have multiple DGA members, likely resulting in a significantly higher proportion of facilities participating in the survey. Figure 1 shows the number of participants from each type of facility.

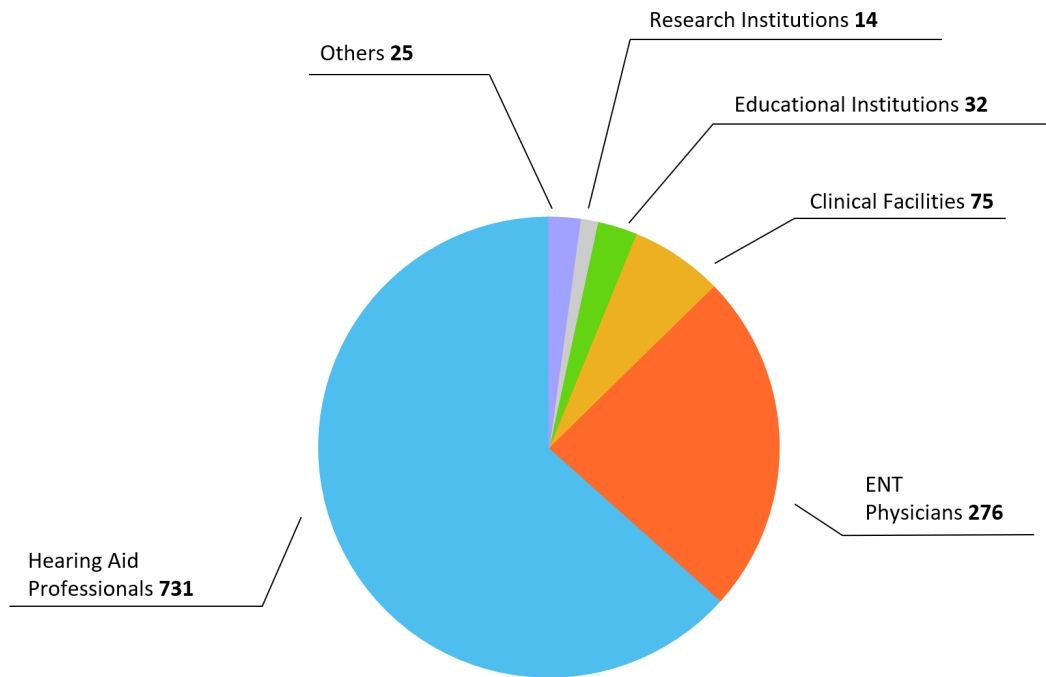


Figure 1: Number of participants in each facility type

The largest proportion of online questionnaires was completed by 731 participants from hearing aid professionals, which means that the necessary sample size for a confidence level of 95% was achieved. 276 of the questionnaires were completed by participants from ENT physicians, resulting in a sample size that only met the criteria for a 90% confidence interval.

A total of 75 online questionnaires were completed by clinical facilities, 32 by educational institutions, and 14 by research institutions. The remaining 25 questionnaires were completed via free text and denoted as “Other”. These were filled out by educational institutions, hearing aid manufacturers, pediatric audiologists, CI centers and assessment bodies.

Survey

The survey was created online using Google Forms and was conducted over a period of 5 months [16]. Participation was voluntary and anonymized, meaning that only responses to the questions were stored, and no personally identifiable information was collected. Participants were informed in an introductory text about who was collecting the data and for what purpose the data was being collected. This ensured that ethical aspects of the online study, such as anonymization and the obligation to provide information, were adhered to.

To achieve a high response rate, the questionnaire was significantly limited in scope and focused on the research question. The introductory text emphasized that only one questionnaire should be completed per unit/subsidiary/location. Participants were then required to answer six questions, with five questions marked as mandatory (*). Answering question 4 was optional. The questions and response options are shown in Figure 2.

The classification into types of institutions was determined by the participants themselves. A more detailed examination of the actual affiliation with the respective type of institution or of duplicate questionnaire submissions was not possible, as no additional information was collected to maintain anonymity. The answers to question 3 regarding the utilized speech tests are aligned with the hearing aid guidelines. Question 4, which was optional for all 1,154 participants, was left unanswered by 117 participants.

At the request of the German Association of Ear, Nose and Throat Physicians, the survey was slightly modified for this mailing list. Question 2 regarding the types of rooms was changed to an optional question and for question 5, the loudspeaker configuration $S_{90}N_{-90}$ was added as a response option. Since the survey had already been distributed to the other two mailing lists at that time, these changes could not be standardized for all participants. Question 2 was left unanswered by 23 out of 281 participants from the ENT mailing list. This corresponds to a proportion of 8.2% of participants, which is why the survey results were assumed to be comparable despite the changes.

Data evaluation

The data was analysed using descriptive statistics in Matlab (MathWorks, R2023a). For the evaluation of the types of participating facilities, the number of responses per facility type was represented as a pie chart (see Figure 1). To calculate the percentage distribution of the room types per facility type (question 2), the average number of existing rooms was used for each response option. An example of the calculation of the percentage

1. What type of facility do you work at? *

- Hearing Aid Professional Office
- ENT Office
- Clinical Facility
- Educational Institution
- Research Institution
- Others: _____

2. How many rooms in the following categories do you use for speech audiometry in the free field? *

	0	1	2-3	4-7	8-15	16-32	>32
• Acoustically untreated room (e.g., office room, medical room):	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Acoustically mildly treated room (e.g., acoustic absorbers on ceiling or wall):	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Audiometric test room (acoustic absorbers on all walls and ceiling, very good acoustical damping of ambient noise):	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Anechoic room (unreflective room):	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3. Which speech tests do you use in the free field? *

- Freiburg monosyllabic speech test in noise
- Freiburg monosyllabic speech test in quiet
- Oldenburg sentence test (OLSA)
- Göttingen sentence test (GÖSA)
- Others: _____

4. If you use the FBE in noise, which noise do you use regularly?

- The corresponding noise (CCITT-noise/speech simulating noise)
- Others: _____

5. Which of the following loudspeaker configurations do you use for presenting the speech and noise signal? *

- SON0: speech from the front (0°), noise from the front (0°)
- SON45 or SON-45: speech from the front (0°), noise from diagonal front (45° or -45°)
- SON90 or SON-90: speech from the front (0°), noise from the side (90° or -90°)
- SON135 or SON-135: speech from the front (0°), noise from diagonal back (135° or -135°)
- SON180: speech from the front (0°), noise from the back (180°)
- S-45N45 or S-45N45: speech from the diagonal front (45° or -45°), noise from the opposite diagonal front (-45° or 45°)
- SON±45: speech from the front (0°), noise simultaneously from front right and left (+45° and -45°)
- SONtop: speech from the front (0°), noise from the ceiling ("sound shower")
- Others: _____

6. Would you optimize or change the spatial configuration of the loudspeakers for the presentation of speech test in noise based on scientific findings? *

- Yes, I definitely want to use the optimal loudspeaker configuration.
- Yes, if there is no big effort for me.
- No, this is not possible due to the construction of the rooms.
- No, because I think the loudspeaker configuration, I use is appropriate.
- Others: _____

Figure 2: Questions and response options given in the survey

Table 1: Example for the evaluation of available audiometry rooms in clinical facilities

Response option	0	1	2–3	4–7	8–15	16–32	>32
Number of responses from participants from clinical facilities in the category “Audiometric test rooms”	4	21	26	23	3	0	0
Resulting average number of available audiometry rooms	0·4=0	1·21=21	2.5·26=65	5.5·23=126.5	11.5·3=34.5	24·0=0	32·0=0
Total number of audiometry rooms in clinical facilities	21+65+126.5+34.5=247						
Total number of all rooms (acoustically untreated, acoustically mildly treated, audiometry rooms and anechoic rooms) in clinical facilities	406						
Percentage of audiometry rooms	247/406·100=60.8%						

share of audiometry rooms in clinical facilities is shown in Table 1.

This type of evaluation allowed the percentage distribution of room types in each facility type to be presented independently from the number of responses.

The questions regarding the used speech tests (question 3) and speaker configurations (question 5) were evaluated by comparing the number of responses for each response option and type of facility with the total number of participants from the corresponding facility type. Additionally, a mean value across all facility types was calculated for each response option. Questions 2–5 were further evaluated statistically using the χ^2 -independence test to determine if there were significant correlations between the facility type and the respective category (type of room, type of speech test and speaker configuration).

If, for questions allowing participants to provide their own answer, the same response was given by at least 2% of the participants, that response was included in the analysis. All other responses were categorized as “Other”.

Results

Type of rooms used for speech audiometry

In terms of numbers, audiometric test rooms were most frequently used for speech tests in a free field, accounting for 54.3% of responses (see Figure 3). They are primarily used by educational institutions, clinical institutions, and other institutions and less by research institutions. The second highest number of rooms used in audiometric practice are acoustically mildly treated rooms (23.1%). Most rooms of this type are found in hearing-aid professionals and the fewest in clinical facilities.

The categories with the lowest number of rooms used for speech audiometry are “acoustically untreated rooms” and “anechoic rooms”. Most acoustically untreated rooms are found in clinical institutions and research facilities, while most anechoic rooms are reported by ENT physicians for speech audiometry. To test whether the type of room depends on the facility type, a χ^2 -independence test

was performed. This revealed a significant association between the type of room and the type of facility ($\chi^2(15, N=4,303.5)=461.3, p<0.001$).

Speech tests and noise types in speech audiometry

Figure 4 shows the speech tests used in the facilities and their percentage distribution. According to the survey, the FBE in quiet is used by most facilities with an average of 91.7%. This is followed by the FBE in noise with 68.8%, the OLSA with 61.2%, speech tests for children with 37.8% and the GÖSA with 28.5%. Other speech tests such as the FBZ or the HSM sentence test are used by an average of 11.5% across facilities.

In most clinical facilities, educational institutions, and hearing aid professionals, the FBE in quiet is used. In hearing aid professional offices and educational institutions also commonly the FBE in noise is used. Conversely the OLSA is rarely used by hearing aid professionals and ENT physicians, but rather in clinical facilities, educational institutions, and research institutions. Pediatric speech tests such as MAK, OLKISA, OLKI or GKST are most used in other types of institutions. A statistical analysis was conducted to determine if the usage of different speech tests depends on the type of institution using the χ^2 independence test, revealing a significant correlation between the institution type and speech test ($\chi^2(25, N=2,726)=478.6, p<0.001$).

When the FBE in noise is used, the associated CCITT noise is used in 96.9% of cases. Among the remaining 3.1% of participants, 26 respondents indicated the use of white noise, broadband noise, narrowband noise, terzo-therapy noise, or other noise types. The question was left unanswered by 123 participants.

Loudspeaker configurations for the presentation of speech and noise

Depending on the type of institution, different loudspeaker configurations are used to present the speech and noise signal (see Figure 5). Most facilities use the loudspeaker configuration S_0N_0 with an average of 55.8%, followed by S_0N_{180} (43.6%), S_0N_{90} (42.9%), and S_0N_{45} (21.7%). All other

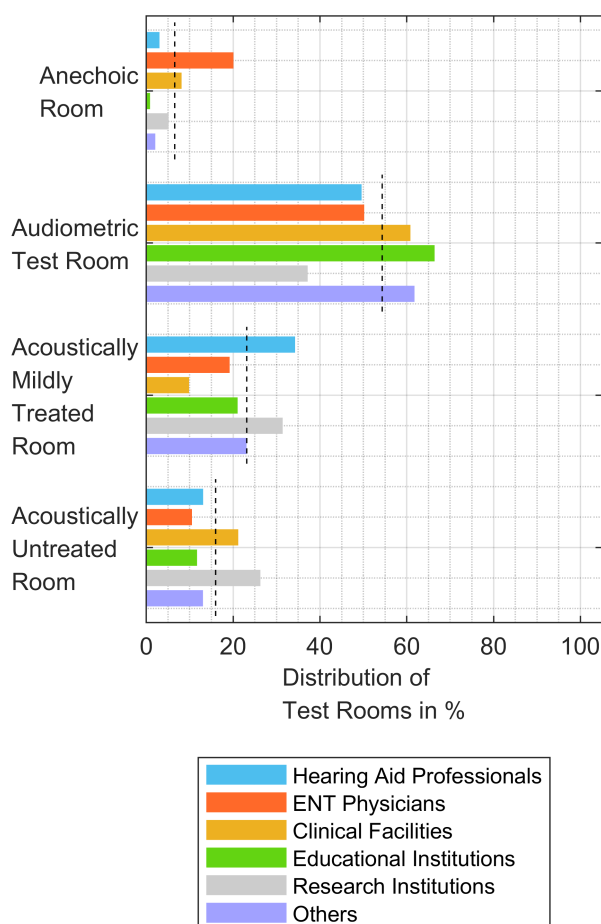


Figure 3: Relation of room types used for speech audiometry in a free field to the total number of available rooms in the individual institutions, in percent

loudspeaker configurations are used by less than 20% of the institutions.

Most participants from research institutions reported that they either present both signals from the same loudspeaker from the front (S_0N_0) or use the loudspeaker configuration S_0N_{90} . Compared to other facilities, hearing aid professionals use the loudspeaker configuration S_0N_0 the least, and mostly present the speech signal from the front and the noise from behind (S_0N_{180}). Most clinical facilities use S_0N_0 and S_0N_{90} for signal presentation. Most ENT physicians use the loudspeaker configurations S_0N_0 , S_0N_{45} and S_0N_{90} . Multichannel noise is primarily used by research institutions. The statistical analysis of the correlation between the facility types and the utilized loudspeaker configuration through the χ^2 test revealed a significant correlation between the facility type and the loudspeaker configuration ($\chi^2(45, N=1,984)=551.7, p<0.001$).

To investigate whether there is a statistically significant correlation between the loudspeaker configuration and the type of room, the responses to questions 2 and 5 were examined using the χ^2 test. The statistical analysis revealed no significant correlation between these two measurement conditions ($\chi^2(27, N=1,000)=14.1, p=0.31$).

Regarding the question of whether the participants would be willing to change the loudspeaker configuration based on scientific findings, 70% responded “yes”. Most of these

participants are willing to make changes if it does not require a great effort for them. 30% of participants would not be willing to change their loudspeaker configuration for the presentation of speech and noise signals. A large proportion of participants (24%) are unable to do so due to the design of the rooms.

Discussion

With a total of 1,154 participants, this online survey on the presentation of speech tests in a free field provides a good overview of the rooms, speech tests and loudspeaker configurations used in audiometric practice. Key professional societies and associations, whose members routinely conduct free field speech audiometry, allowed distribution of the survey through their internal mailing lists. This ensured that the results of the online survey offer a comprehensive understanding of usage across various types of institutions.

Limitations due to the chosen methodology

The online survey conducted in this study has limitations that emerged during the survey and the evaluation of the responses and should be considered when interpreting

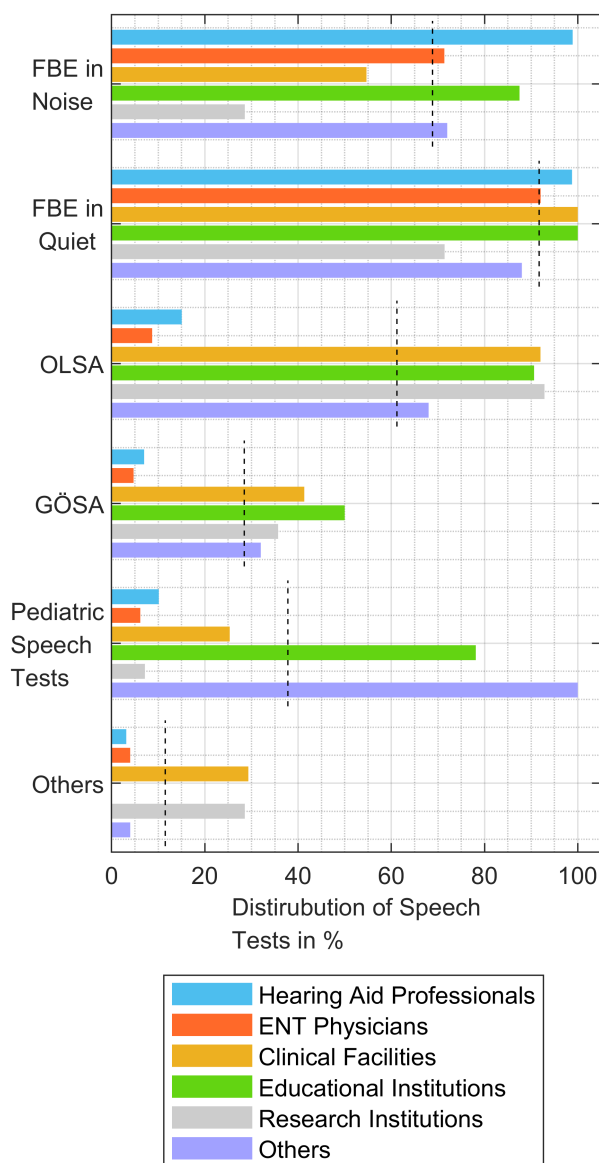


Figure 4: Distribution of speech test usage in percent. The distribution of speech tests was determined by calculating the ratio of number responses per number of participants of each facility type.

the results. To maintain anonymity, no personal data or detailed information regarding institutional affiliation (i.e. name of the institution) was collected in this survey. Therefore, it was necessary to rely on the participants' self-assignment to a type of facility. In addition, duplicate questionnaires within a facility cannot be ruled out. Furthermore, it cannot be ruled out that participants from Austria and Switzerland also completed the questionnaire distributed through the DGA mailing list. However, most of the mailing list members originate from Germany. At the request of the ENT professional association, the survey was slightly modified for distribution through their mailing list. At the time of distribution through the other mailing lists, question 2 regarding the rooms was optional for the ENT professional association mailing list and mandatory for the other mailing lists. However, only 8.2% of participants did not respond to this question, hence a good comparability of the survey results can still be assumed. Another modification was the inclusion of the

option $S_{90}N_{-90}$ as a response option to the question about the loudspeaker configurations. Presumably, this is the reason why this answer option was given most frequently by ENT physicians. Furthermore, a more precise definition of the room categories, in particular an explicit definition of the term "anechoic room", might have simplified answering the question for participants.

Rooms for speech audiometry

As the room acoustic conditions have a major influence on the results of speech tests in a free field, the test rooms should meet the requirements of ISO 8253-2:2010-7 [6]. An unexpectedly high proportion of ENT physicians, but also other types of facilities, stated that they use at least 32 anechoic rooms for speech tests. This information raises doubts on the understanding of the described room categories and the self-assessment of the facilities. The room categories could have been

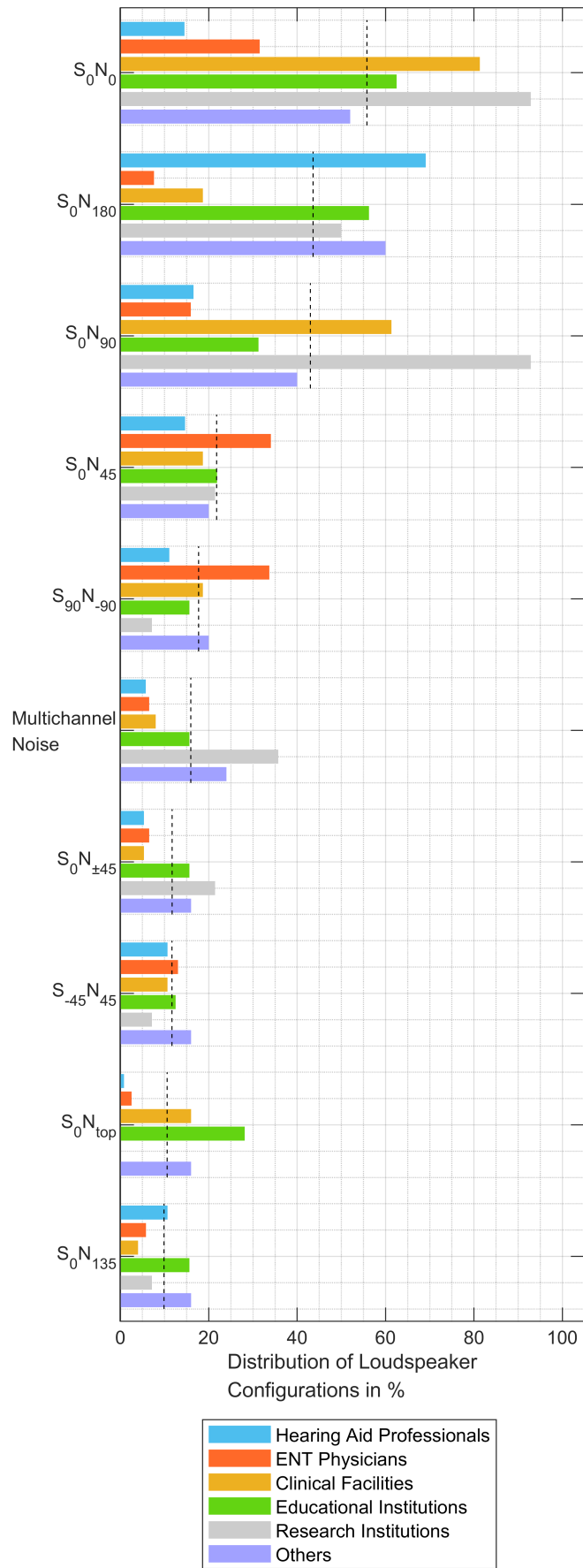


Figure 5: Distribution of loudspeaker configurations, used for speech (S) and noise (N) presentation, in percent. The distribution of loudspeaker configurations was determined by calculating the ratio of number of responses per number of participants of each facility type.

more precisely defined for greater differentiation and better answering of the question. However, most of the answers appear plausible. According to this survey, most facilities have designated audiometric test rooms available for speech audiometry, which presumably generally meet the requirements of the standard. However, despite compliance with these requirements, there may be room acoustic differences in the daily use of speech tests. The sound pressure level in rooms depends not only on the lining of the floors and the insulation of the walls, but also on the sound pressure level outside the rooms during the daily business of the facility. Kießling also reported that many CI patients would react phobically in small audiometric test rooms, meaning that the door remains open during the measurements and the permissible sound pressure levels in the room cannot be maintained [17]. Under these circumstances, room acoustic differences within this category are very likely despite the uniform use of audiometry rooms.

On average, 23.1% of “acoustically mildly treated” rooms are used for audiometry. In hearing aid professional offices, which account for the largest proportion of the survey, the proportion is even higher (34.3%). In such rooms, the differences between the conditions prevailing in the room during audiometry can be even greater than between audiometric test rooms. Various studies indicate that room acoustics have a crucial influence on the measured speech recognition, especially for hearing-impaired persons [18], [19]. The more severe a person’s hearing loss and the longer the reverberation time in a room, the poorer the speech recognition performance. As a result, speech recognition measurements in different rooms can lead to errors in the diagnosis of hearing impairments and the evaluation of hearing-aid fittings. Room acoustics may have less influence on the results of speech audiometry in quiet than on the measurements in noise. However, higher requirements regarding external noise are necessary for speech audiometry in quiet compared to speech audiometry in noise. Therefore, it would have been beneficial to capture the relationships between the type of speech test and the type of room in the survey. To achieve comparable measurement results in various test rooms for all types of speech tests, the acoustic characteristics of the test rooms would need to be further specified. However, the standardization of room acoustics is complex so that it would be difficult to further specify the acoustic requirements [20]. A review of the international literature indicates that despite a standardization of permissible sound pressure levels in audiology test rooms, these specifications are not always adhered to [14], [21], [22]. Due to these differences, standardizing test rooms for audiometry would be cost-intensive and structurally unfeasible in many facilities. Due to these differences in room acoustics, it should be ensured that when directly comparing speech test results, the measurements are conducted in the same room. However, this is not always feasible within regular hearing aid provision, as speech test results from audiologists are also compared with those from resident ENT physicians.

Speech tests used in different facilities

As in other countries, the type of speech test used in Germany is strongly related to the specifications of the guidelines and measurement intentions. The FBE in quiet is used both for testing the indication of hearing aids and for validating the success of hearing-aid fittings, because the FBE in quiet is mandatory according to the hearing aid guidelines. In addition to the FBE in quiet, the benefit of hearing aid fittings can be assessed using the FBE in noise, the OLSA or the GÖSA. The FBE in noise and the OLSA are used by most facilities besides the FBE in quiet, while the GÖSA is only used by a few facilities. A total of five institutions stated that they do not use the FBE either in quiet or in noise. These include four research institutions that use the OLSA or GÖSA, but also one ENT physician that reported using the OLSA.

The FBZ, which is also part of the clinical standard, was rarely mentioned by the facility types, which could be related to the fact that it was not directly selectable as a response option. In addition, in audiometric practice, the FBZ is often presented via headphones and not in the free field and is less suitable for validating hearing-aid fittings. Most research institutions use the OLSA, which is likely since the test provides a large number of test-lists due to its matrix structure and provides a precise adaptive test procedure for a speech recognition score of 50% or other values. Children’s speech tests are most frequently reported by other facilities, which include pediatric audiology facilities, CI centers, hearing aid manufacturers, and educational institutions. In addition to the expected use of children’s speech tests in pediatric audiology facilities, it can be assumed that they are also used for children with cochlear implants, in education or in the development of hearing systems.

In addition to the speech tests used, the survey also assessed the typical noise used for the FBE. Most participants (96.9%) stated that they use the CCITT noise. This is the noise that is supplied with the speech material as a calibration signal. Other noise signals are used less frequently in audiometric practice, presumably because they are usually not present in the audiometry software and would need to be selected separately and the relative level reference to the speech signal must be defined.

Loudspeaker configurations used for the presentation of speech and noise

The loudspeaker configurations S_0N_0 and S_0N_{180} are most frequently used in audiometric practice. On the one hand, this could be due to the symmetrical presentation, eliminating the need for separate consideration in cases of asymmetrical hearing loss. On the other hand, with S_0N_0 , only one loudspeaker needs to be used, which minimizes the space required for the loudspeaker setup. S_0N_0 is most used by clinical facilities in addition to research institutions, as CIs are often implanted and fitted here, and this loudspeaker arrangement is recommended by the

“CI provision” guidelines [6]. Very few hearing care stores use this loudspeaker configuration, but mostly S_0N_{180} . On the one hand, this is probably because this loudspeaker configuration is used by most educational institutions and is taught to hearing acoustics trainees. On the other hand, the improvement in speech recognition in noise is largest for hearing aids with directional microphones using the loudspeaker configuration S_0N_{180} . Most ENT physicians indicated that they use the loudspeaker configurations S_0N_{45} and $S_{90}N_{90}$. Due to the usage of different loudspeaker configurations, the measured speech recognition scores may differ between hearing care stores and ENT physicians. To be able to improve the evaluation of the results, it is therefore advisable to document the loudspeaker configuration used for the measurements. Furthermore, a new standard for the FBE could include a recommendation for a loudspeaker configuration for the presentation of speech and noise. However, care should be taken to ensure that it is minimally influenced by measurement conditions such as room acoustics or head movements and that it is as versatile as possible. For special fittings, such as for a CROS provision, the freedom to use other loudspeaker configurations such as $S_{90}N_{90}$ should be given. This loudspeaker configuration was only selectable as a response option by the German Association of Ear, Nose and Throat Physicians and was therefore most frequently indicated by ENT physicians. However, $S_{90}N_{90}$ was also repeatedly indicated by participants from other mailing lists via the “Other” field.

A large proportion of research institutions indicated that they use multi-channel noise for speech audiometry in noise, as it best simulates real-life situations. However, the presentation of diffuse noise is not feasible in most facilities due to the room’s construction. Similarly, commercial audiometers rarely offer the option of presenting the background noise in multiple channels. Additionally, 24% of respondents reported issues with the structural implementation of other loudspeaker configurations. 6% of respondents stated that they consider the loudspeaker arrangement they use to be appropriate and therefore do not want to change it. However, most of the respondents would be willing to optimize the loudspeaker configuration if necessary. Standardizing the speaker configurations would simplify the comparability and evaluation of speech-test results.

Conclusion

The survey provides a good overview of the use of speech tests in a free field due to the high number of responses from various institutions engaged in audiometric testing based on a few questions. As expected, the FBE is used most commonly. The reason for this result is that the hearing aid guidelines specify the FBE for the indication and validation of hearing-aid provision, making the speech test particularly relevant for hearing-aid professionals and ENT physicians. Speech tests are predominantly conducted in dedicated audiometric test rooms, whereby

the survey does not allow any conclusions to be drawn about the extent to which the relevant standards (ISO 8253-0, -1 and -3) are met. However, the loudspeaker configurations used for the presentation of speech tests in noise differ between the facilities and their objectives for data collection. Standardization therefore appears challenging, even though direct comparability of measurement results is not always guaranteed. For this reason, at least the loudspeaker configuration used should always be documented.

Notes

Funding and acknowledgments

This survey was conducted as part of the RIBEFREI project funded by the German Federal Ministry of Economic Affairs and Climate Action [03TN0035B]. The authors thank the German Association of Ear, Nose and Throat Physicians e.V., the Federal Guild of Hearing Aid Acousticians KdöR and the Federal Guild of Hearing Aid Acousticians e.V. for distributing the survey, as well as all participating institutions for responding to the questions.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

References

1. Kießling J, Kollmeier B, Baumann U. Versorgung und Rehabilitation mit Hörgeräten. Stuttgart: Thieme; 1997.
2. Valente M. Strategies for Selecting and Verifying Hearing Aid Fittings. Stuttgart: Thieme; 2002.
3. DIN EN ISO 8253-3:2022-08, Akustik - Audiometrische Prüfverfahren - Teil 3: Sprachaudiometrie (ISO 8253-3:2022). Deutsche Fassung EN ISO 8253-3:2022. Berlin: Beuth; 2022. DOI: 10.31030/3296501
4. Gemeinsamer Bundesausschuss. Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses über die Verordnung von Hilfsmitteln in der vertragsärztlichen Versorgung. 2021.
5. Deutsche Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie e.V., et al. S2k-Leitlinie Cochlea-Implantat Versorgung AWMF. Registernummer 017/071. AWMF; 2020. Available from: <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/017-071>
6. DIN EN ISO 8253-2:2010-7, Akustik - Audiometrische Prüfverfahren - Teil 2: Schallfeld-Audiometrie mit reinen Tönen und schmalbandigen Prüfsignalen (ISO 8253-2:2009). Deutsche Fassung EN ISO 8253-2:2009. Berlin: Beuth; 2010. DOI: 10.31030/1571127
7. Deutsche Gesellschaft für Audiologie e.V. Audiologische Leistungen nach der CI-Indikation. Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Audiologie (DGA). Z Audiol. 2015;54(1):36-7.
8. Ptok M. Subjektive audiometrische Verfahren bei Kindern [Subjective audiometric procedures in children]. HNO. 2014 Oct;62(10):694-701. DOI: 10.1007/s00106-014-2887-4

9. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung. DGUV Empfehlungen für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen. Stuttgart: Gentner; 2022.
10. Maier H. Consensus Statement on Bone Conduction Devices and Active Middle Ear Implants in Conductive and Mixed Hearing Loss. *Otol Neurotol*. 2022 Jun;43(5):513-29. DOI: 10.1097/MAO.0000000000003491
11. Maier H, Baumann U, Baumgartner WD, Beutner D, Caversaccio MD, Keintzel T, Kompis M, Lenarz T, Magele A, Mewes T, Müller A, Rader T, Rahne T, Schraven SP, Schwab B, Sprinzl GM, Strauchmann B, Todt I, Wesarg T, Wollenberg B, Plontke SK. Minimal Reporting Standards for Active Middle Ear Hearing Implants. *Audiol Neurootol*. 2018;23(2):105-15. DOI: 10.1159/000490878
12. Parmar BJ, Rajasingam SL, Bizley JK, Vickers DA. Factors Affecting the Use of Speech Testing in Adult Audiology. *Am J Audiol*. 2022 Sep;31(3):528-40. DOI: 10.1044/2022_AJA-21-00233
13. Sharma S, Tripathy R, Saxena U. Critical appraisal of speech in noise tests: a systematic review and survey. *Int J Res Med Sci*. 2017;5(1):13-21. DOI: 10.18203/2320-6012.ijrms20164525
14. Suh MJ, Lee J, Cho WH, Jin IK, Kong TH, Oh SH, Lee HJ, Choi SJ, Cha D, Park KH, Seo YJ. Improving Accuracy and Reliability of Hearing Tests: An Exploration of International Standards. *J Audiol Otol*. 2023 Oct;27(4):169-80. DOI: 10.7874/jao.2023.00388
15. listflix. HNO-Ärzte. [cited 2023 Nov 20]. Available from: <https://listflix.de/gesundheit/aerzte/hno-aerzte/>
16. Google Workspace. Google Forms: Schnell und einfach aussagekräftige Informationen einholen. [cited 2023 Aug 3]. Available from: <https://www.google.de/intl/de/forms/about/#features>
17. Kießling J. Fehlerquellen in der Audiometrie - Grundlagen und Abhilfe. *Prakt Arb med*. 2006;(6):12-6.
18. Zahorik P, Brandewie E. Perceptual Adaptation to Room Acoustics and Effects on Speech Intelligibility in Hearing-Impaired Populations. *Proc Forum Acust*. 2011 Jun 27:2167-72.
19. Plomp R. Binaural and Monaural Speech Intelligibility of Connected Discourse in Reverberation as a Function of Azimuth of a Single Competing Sound Source (Speech or Noise). *Acustica*. 1976;34:200-11.
20. Nocke C. Raumakustik - Zur Normbarkeit von Räumen. *Akustik Journal*. 2019;(3):15-26.
21. Frank T, Williams DL. Ambient noise levels in audiometric test rooms used for clinical audiometry. *Ear Hear*. 1993 Dec;14(6):414-22. DOI: 10.1097/00003446-199312000-00007
22. Kim KS, Choi YH, Won YL, Kang SK. Ambient Noise Levels in the Audiometric Test Rooms Used for Special Periodic Health Examination. *Korean J Occup Environ Med*. 2004;16(3):316-29. DOI: 10.35371/kjoem.2004.16.3.316

Corresponding author:

Larissa Warkentin
 Anschützstraße 1, 23562 Lübeck, Germany
 l.warkentin@dhi-online.de

Please cite as

Warkentin L, Holube I, Winkler A, Denk F, Sankowsky-Rothe T, Blau M, Husstedt H. Verwendung von Sprachtests im Freifeld in Deutschland. *GMS Z Audiol (Audiol Acoust)*. 2024;6:Doc09. DOI: 10.3205/zaud000044, URN: urn:nbn:de:0183-zaud0000449

This article is freely available from

<https://doi.org/10.3205/zaud000044>

Published: 2024-07-10

Copyright

©2024 Warkentin et al. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License. See license information at <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.