Hörgeräte: Verifizierung und Validierung

Hearing Aids: Verification and Validation

Hendrik Husstedt[1], Lena Geschwandtner[2], Stefanie Ziegler[2], Armin Herbertz[2]

[1]Deutsches Hörgeräte Institut GmbH
[2]Akademie für Hörakustik

Zusammenfassung: Im Bereich Hörgeräte und Hörsystemanpassung ist die Verifizierung und Validierung von besonderer Bedeutung. Allgemein wird im Rahmen der Verifizierung nachgewiesen, dass spezifizierte Anforderungen erfüllt werden. Bei Hörgeräten ist damit üblicherweise die Bewertung physikalischer, elektroakustischer und psychoakustischer Aspekte durch Messung der Übertragungseigenschaften von Hörgeräten gemeint. Genauer wird in diesem Zusammenhang auf Testboxmessungen, In-situ-Messungen, Perzentilanalyse und Perzentilanpassung, Freifeldaudiometrie und Lautheitsskalierung eingegangen. Bei der Validierung wird im Allgemeinen der beabsichtigte Zweck und der Nutzen für den Anwender betrachtet. Im Bereich Hörgeräte bedeutet die Validierung üblicherweise die umfassende Bewertung des Gewinns durch die Hörsystemanpassung mit Verfahren, welche die Sprachaudiometrie oder ein Frageninventar einbeziehen. Dabei werden beispielhaft einige geläufige Sprachtestverfahren und Frageninventare vorgestellt. Das Ziel des Beitrags ist es, dass die besondere Bedeutung, die Möglichkeiten und der Nutzen der Validierung und Verifizierung im Bereich Hörgeräte und Hörsystemanpassung nachvollzogen und eingeordnet werden können.

Stichwörter: Hörgeräte, Hörsystemanpassung, Verifizierung, Validierung, Hörsystemversorgung, Qualitätssicherung

Abstract: In the field of hearing aids and hearing aid fitting, verification and validation are of particular importance. In general, verification proves that specified requirements are met. In the case of hearing aids, the verification usually means evaluating physical, electroacoustic and psycho-acoustic aspects by measuring transmission properties of hearing aids. In this context, test box measurements, real ear measurements, percentile analysis and percentile fitting, free-field audiometry and loudness scaling are discussed in more detail. Validation generally means to look at the intended purpose and benefit to the user. In the field of hearing aids, verification usually is understood as a comprehensive evaluation of the user benefits due to hearing aids using methods which include speech audiometry and subjective response questionnaires. Some common speech tests and questionnaires are presented as examples. The aim of this article is to explain and demonstrate the particular importance, possibilities and benefits of validation and verification in the field of hearing aids and hearing aid fitting.

Keywords: hearing aids, hearing aid fitting, verification, validation, hearing aid supply, quality assurance

Korrespondenzadresse:
Dr. Hendrik Hussstedt
Deutsches Hörgeräte Institut GmbH
Anschützstraße 1, 23562 Lübeck
E-Mail: h.husstedt@dhi-online.de, Telefon: +49 451 30505110

1 Einführung

Die Verifizierung und Validierung ist ein wichtiger Bestandteil der Versorgung mit Hörgeräten, was sich beispielsweise anhand der internationalen Norm ISO 21388 anschaulich aufzeigen lässt [1]. Diese Norm trägt den Titel „Hörsystemanpassungsmanagement“ und enthält verschiedene Festlegungen und Vorgaben zum Prozess der Hörsystemanpassung und aller damit im Zusammenhang stehenden Tätigkeiten und Arbeitsschritte. Dazu wird das Hörsystemanpassungsmanagement in sechs Stufen eingeteilt, wovon eine Stufe den Namen „Verifizierung und Validierung“ trägt (siehe Abbildung 1).

Im Nachfolgenden werden diese sechs Stufen zunächst kurz beschrieben, um die Stellung der Verifizierung und Validierung im Gesamtprozess der Hörsystemanpassung darzustellen und eine kurze Erläuterung der Begriffe im Bezug zur Hörsystemanpassung zu geben. Zudem werden die Begriffe „Hörgerät“ und „Hörsystem“ entsprechend ISO 21388 unterschieden. Der Begriff „Hörgerät“ bezeichnet das einzelne Gerät ohne Anpassung und Ohrpassstück und der Begriff „Hörsystem“ alle in Kombination wirkenden Bauteile, die für den Ausgleich des Hörverlusts an die individuelle Situation des Hörgeschädigten angepasst wurden. Dazu zählen insbesondere ein oder zwei Hörgeräte, Ohrpassstücke und Zusatzgeräte (wie z. B. ein Handmikrofon, eine Fernbedienung oder eine App für das Smartphone).

- Kundenprofil
  Beim Kundenprofil handelt es sich um eine umfassende Aufzeichnung der Hörfähigkeit, der sozialen Situation, der Betätigungsmög-

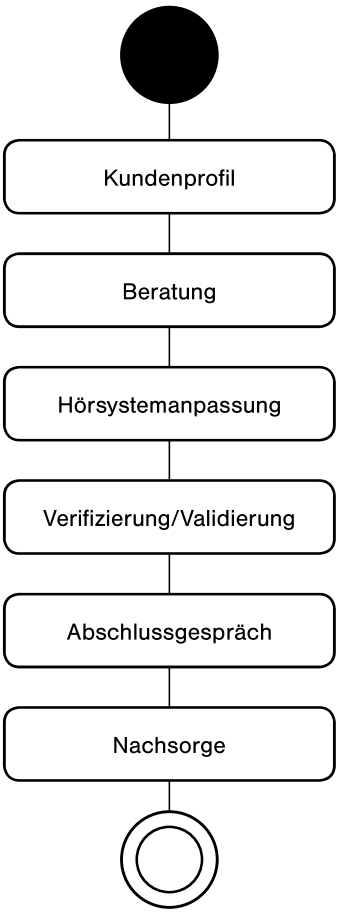

Abbildung 1: Darstellung der sechs Stufen des Hörsystemanpassungsmanagements entsprechend ISO 21388 [1]

Figure 1: Visualization of the six stages of hearing aid fitting management according to ISO 21388 [1]

lichkeiten, Anforderungen und Erwartungen eines Kunden sowie seiner audiologischen und medizinischen Vorgeschichte (inkl. Otoskopie, Reinton- und Sprachaudiometrie etc.).

- Beratung
  Im Rahmen der Beratung wird das Kundenprofil erläutert, die Motivation und Erwartungen besprochen, die erreichbaren Ziele diskutiert und das Hörsystem ausgewählt.

- Hörsystemanpassung
  Die Hörsystemanpassung wird als systematische Vorgehensweise zur individuellen Anpassung und Optimierung eines Hörsystems mit dem Ziel des Ausgleichs eines Hörverlusts beschrieben. Dies beinhaltet sowohl die Wahl der akustischen Ankopplung als auch die Voreinstellung, Einstellung und Feinanpassung des Hörsystems.

- Verifizierung und Validierung
  Die Verifizierung und Validierung werden in der ISO 21388 in einer Stufe zusammen betrachtet. Die Definitionen beider Begriffe werden zunächst sehr allgemein gehalten, aber jeweils durch eine Anmerkung konkretisiert. So wird die Verifizierung als „Erbringung eines objektiven Nachweises, dass eine Betrachtungseinheit (Hörgerät) die spezifizierten Anforderungen erfüllt“ festgelegt. In der Anmerkung heißt es dann, „im Bereich der Hörsystemanpassung bedeutet Verifizierung üblicherweise die Bewertung physikalischer, elektroakustischer und psychoakustischer Aspekte einer Hörsystemanpassung durch Messung der Übertragungseigenschaften des betreffenden Hörgeräts in einer Messbox oder in einem menschlichen Ohr oder durch Messung der wirksamen Verstärkung (Functional Gain) nach ISO 8253-2“. Die Validierung wird mit dem Begriff Verifizierung beschrieben, wobei „die spezifizierten Anforderungen für den beabsichtigten Zweck angemessen“ sein müssen. In der Anmerkung wird dann ergänzt, dass die Validierung im Bereich der Hörsystemanpassung „üblicherweise die umfassende Bewertung des Gewinns durch die Hörsystemanpassung mit Verfahren, welche die Sprachaudiometrie oder ein Frageninventar einbeziehen“, beschreibt.

- Abschlussgespräch
  Das Abschlussgespräch beinhaltet eine umfassende Einweisung zu dem angepassten Hörsystem, wie z. B. Bedienung, Einsetzen, Batteriewechsel/Aufladen oder Reinigung.

- Nachsorge
  Die Nachsorge wird auch als Folgedienstleistung beschrieben und beinhaltet unter anderem eine in regelmäßigen zeitlichen Abständen erfolgende Verifizierung und Validierung technischer und auditiver Aspekte. Das Ziel ist es, die gewählte Hörsystemanpassung zu überprüfen und weiter zu optimieren.

2 Verifizierung

2.1 Motivation

Die Verifizierung ist in vielen Bereichen wichtig und notwendig, um Unsicherheiten zu reduzieren und eine ausreichend hohe Qualität zu garantieren. Im Bereich der Hörsystemanpassung können insbesondere die nachfolgenden Gründe als Motivation einer Verifikation genannt werden.

Überprüfung der Datenblattwerte
Die Spezifikationen im Datenblatt von Hörgeräten enthalten mindestens die in IEC 60118-0 bzw. -7 festgelegten Daten, wie das äquivalente Eigenrauschen (Eqivalent Input Noise (EIN)), die maximale Verstärkung (Full On Gain (FOG)) oder den maximalen Ausgangsschalldruckpegel (Output Sound Pressure Level at 90 dB Input (OSPL90)) [2], [3]. Eine messtechnische Überprüfung dieser Werte ist für die Qualitätskontrolle beim Wareneingang oder für eine Funktionsprüfung während der Lebenszeit von Hörgeräten von Bedeutung. Mögliche Einschränkungen durch Alterung, Verschmutzung und Beanspruchung können so messtechnisch aufgezeigt werden.

Leistungsfähigkeit des Hörgeräts am individuellen Ohr
Die Datenblattwerte allein können nur begrenzt für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit eines Hörgeräts am individuellen Ohr herangezogen werden. Dies liegt daran, dass die individuelle Anatomie, z. B. Größe und Länge des Gehörgangs oder Impedanz des Trommelfells, in Kombination mit der individuell gewählten Ohrankopplung, z. B. mit und ohne Belüftung, wichtige Eigenschaften der akustischen Übertragung maßgeblich beeinflussen [4]. Deshalb kann sich dasselbe Hörgerät in derselben Einstellung bei verschiedenen Ohren in Bezug auf den absoluten Schalldruck vor dem Trommelfell, die am Ohr wirksame Verstär-

kung (Real Ear Insertion Gain) oder die maximal mögliche Verstärkung ohne Rückkopplung sehr unterschiedlich verhalten. Eine Verifikationsmessung kann hier die Unsicherheiten deutlich reduzieren [5].

Überprüfung der Anpassziele

Die Signalverarbeitung und Anpassstrategien moderner Hörsysteme sind komplex. Hinzu kommt, dass Grafiken in der Anpasssoftware oft auf Schätzungen oder gemittelten Daten beruhen und Stellbereiche häufig auch ohne Einheit oder Erläuterung bereitgestellt werden. Daher ist die Überprüfung der Anpassziele, wie z. B. die Verstärkung bei verschiedenen Eingangspegeln oder die Einstellung der Ausgangsbegrenzung, eine weitere Motivation für Verifikationsmessungen [6].

2.2 Testboxmessungen

Eine (akustische) Testbox ist eine Messeinrichtung für Hörgeräte, mit der über einen Lautsprecher Signale abgegeben und das Ausgangssignal des Hörgeräts über einen Kuppler aufgenommen werden kann (siehe Abbildung 2). Häufig befindet sich der gesamte Messaufbau in einer kleinen, akustisch gedämmten Box, um den Einfluss von Umgebungsgeräuschen zu reduzieren. Es gibt aber auch offene Modelle ohne Deckel oder einen anderen Verschluss. Bei vielen Modellen steht auch ein weiteres Mikrofon als Referenz am Eingang des Hörgeräts zur Verfügung, mit dem das Eingangssignal überwacht und kontrolliert werden kann. Der Zweck einer Testbox besteht darin, bei moderatem Aufwand (z. B. bei Kosten, Platz und baulichen Gegebenheiten) eine reproduzierbare Überprüfung der Funktion von Hörgeräten ohne Einbezug des Hörgeräteträgers zu ermöglichen. Dafür werden bewusst Kompromisse bei der Realitätsnähe der Messungen eingegangen. Bei der Schallabgabe werden z. B. keine Abschattungseffekte durch Körper, Rumpf und Außenohr berücksichtigt und bei der Schallaufnahme wird nicht versucht, wie beim Ohrsimulator, eine realitätsnahe Ankopplung nachzubilden. Daher können die Messwerte einer Testbox nicht direkt audiologisch interpretiert, sondern nur für relative Vergleiche herangezogen werden. Dies kann z. B. zur Überprüfung der elektro-akustischen Eigenschaften entsprechend IEC 60118-0 bzw. -7, zur Voreinstellung oder zur Dokumentation einer programmierten Einstellung hilfreich sein.

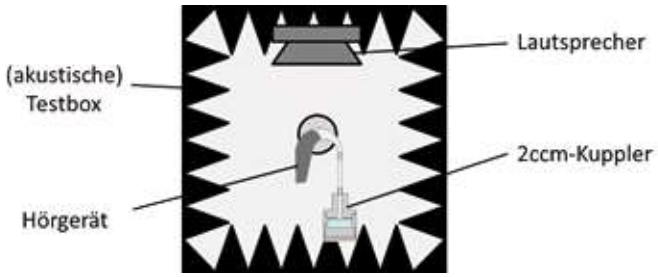

Abbildung 2: Aufbau einer Testbox für akustische Messungen mit Hörgeräten

Figure 2: Design of a testbox for acoustic measurements with hearing aids

Um einen audiologischen Bezug herzustellen, können an einem Probandenkollektiv bestimmte oder individuell ermittelte Korrekturwerte verwendet werden. Für die Korrektur bei der Schallabgabe kann abhängig von der Bauform der sogenannte Microphone Location Effect (MLE) und für die Korrektur bei der Schallabgabe die sogenannte Real Ear to Coupler Difference (RECD) genutzt werden [7], [8], [9]. Zudem können die auf das Trommelfell bezogenen Messwerte mithilfe der natürlichen Ohrverstärkung, der sogenannten Real Ear Unaided Gain (REUG) oder in Deutschland häufig auch Open Ear Gain (OEG) auf das Freifeld bezogen werden.

2.3 In-situ-Messungen

Bei In-situ-Messungen bzw. Real Ear Measurements (REM) wird der Schall über einen Freifeldlautsprecher meist frontal (aus 0°) präsentiert und zeitgleich mit einem Sondenschlauch oder einem kleinen Mikrofon direkt vor dem Trommelfell gemessen (siehe Abbildung 3). Auf diese Weise können wichtige akustische Übertragungseigenschaften mit und ohne Hörgerät am individuellen Ohr ermittelt werden. Dazu zählen die schon erwähnte REUG und RECD. Mit der auf das Freifeld bezogenen Hörgeräteverstärkung, der Real Ear Aided Gain (REAG) und der REUG kann die am Ohr wirksame Verstärkung, die Real Ear Insertion Gain (REIG=REAG-REUG), bestimmt werden. Durch die Messung der REIG können viele der vorher beschrieben Unsicherheiten in Bezug auf die individuelle Ohranatomie, Ohrankopplung oder Hörgeräteübertragung messtechnisch ermittelt und kontrolliert werden. Daher ist REIG für die Hörsystemanpassung von zentraler Bedeutung. Darüber hinaus ist noch die Übertragung bei ausgeschaltetem Hörgerät, die Real Ear Occluded Gain (REOG), für die Überprüfung der Ohrankopplung von Bedeutung [9].

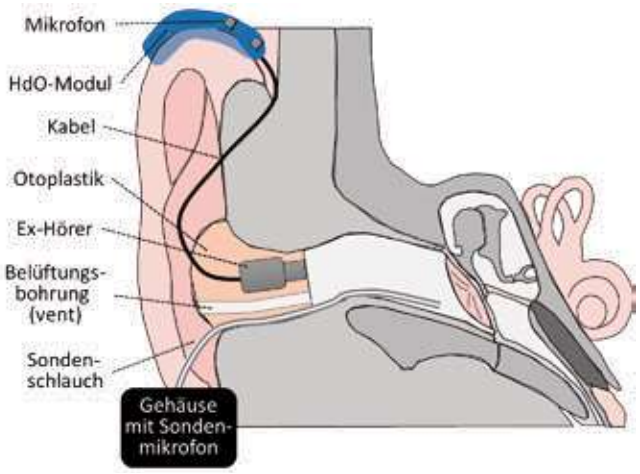

Abbildung 3: Veranschaulichung der Platzierung eines Sondenschlauchs für In-situ-Messungen bei einem Hinter-dem-Ohr(HdO)-Hörgerät mit externem Hörer (Ex-Hörer)

Figure 3: Visulaization of the positioning of the probe tube for real ear measurments on a receiver in the canal (RIC) device

2.4 Perzentilanalyse und Perzentilanpassung

Testbox- und In-situ-Messungen wurden zu Zeiten analoger Hörgeräte eingeführt und für eine frequenzabhängige Betrachtung wurden Sweeps oder Breitbandsignale verwendet. Seit der Einführung digitaler Hörgeräte kommen in der Signalverarbeitung komplexere nichtlineare Algorithmen zum Einsatz, die in Abhängigkeit von der Signalart ein unterschiedliches Verhalten aufzeigen; z. B. werden Rauschsignale in der Regel als Störgeräusch erkannt und anders als Sprache verarbeitet. Daher konnten die vorher üblichen Messignale bei modernen Hörgeräten nur begrenzt eingesetzt werden und es wurde ein anwendungsnahes Signal benötigt.

Das für diesen Zweck entwickelte International Speech Test Signal (ISTS) konnte diesen Anforderungen genügen [10] und wurde mit in die IEC 60118-15 aufgenommen [11]. Durch die Berechnung des langzeitgemittelten Sprachspektrums (LTASS) in Terzbändern kann mit dem ISTS anwendungsnah die mittlere Verstärkung für Sprache frequenzabhängig ermittelt werden. Diese Information allein zeigt jedoch nur zum Teil, wie Sprache in modernen Hörgeräten verarbeitet wird. Beispielsweise kann durch eine schnell oder langsam reagierende Dynamikkompression die Sprachdynamik am Hörgeräteausgang bei gleichem LTASS unterschiedlich sein. Um solche Unterschiede aufzuzeigen, wird in der IEC 60118-15 eine Auswertung in Perzentilen bzw. mit der sogenannten Perzentilanalyse beschrieben. Dazu wird das Signal zunächst in Terzbänder zerlegt. Für jedes Terzband werden dann jeweils Schalldruckpegel in 125 ms langen Blöcken mit einem Überlapp von 50 % berechnet und statistisch in Form des 30., 65. und 99. Perzentils ausgewertet. Der sogenannte Perzentilschalldruckpegel gibt dabei an, wie viel Prozent der in dem betrachteten Zeitraum gemessenen Schalldruckpegel unterhalb des angegebenen Werts liegen. Beispielsweise liegt der Perzentilschalldruckpegel beim ISTS mit 65 dB Summenpegel bei 1 kHz für das 65. Perzentil bei 43,7 dB. Das bedeutet, dass 65 % der im Terzband bei 1 kHz in 125 ms langen Blöcken in dem betrachteten Zeitraum gemessenen Schalldruckpegeln unterhalb von 43,7 dB lagen. Damit erlaubt die Perzentilanalyse die Hörgeräteverarbeitung von geringen mittleren und hohen Pegelanteilen eines Signals getrennt darzustellen, wodurch auch Informationen wie die Sprachdynamik beurteilt werden können.

Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang der im Bereich der Hörakustik in Deutschland häufig verwendete Begriff „Perzentilanpassung“ [12]. Damit ist in den meisten Fällen eine Hörsystemanpassung mithilfe von In-situ-Messungen gemeint, bei der das ISTS bei einem Summenpegel von 50, 65 und 80 dB präsentiert wird und der LTASS auf die Verstärkungsziele hin angepasst wird. Entgegen der Begriffsbedeutung werden die Perzentilpegel dabei in den meisten Fällen jedoch nicht berücksichtigt.

2.5 Freifeldaudiometrie

Bei der Freifeldaudiometrie wird das zur Audiometrie verwendete Testsignal über einen Freifeldlautsprecher in der Regel aus 0° präsentiert. Dadurch ist eine Audiometrie mit Hörgeräten zur Bestimmung der versorgten Hörschwelle (Aided Threshold, im Deutschen häufig als „Aufblähkurve“ bezeichnet) oder der versorgten Unbehaglichkeitsgrenze prinzipiell möglich. In der Praxis sind jedoch verschiedene Randbedingungen und Einschränkungen unbedingt zu berücksichtigen. Aufgrund der Raumakustik und Signalverarbeitung in modernen Hörgeräten können meistens keine Sinustöne verwendet werden. Als Ersatz kommen häufig Schmalbandrauschen oder Wobbeltöne zum Einsatz. Dabei sollte sichergestellt werden, dass die Signalverarbeitung der Hörgeräte bei der Messung mit diesen Signalen in der gewünschten Weise reagiert (z. B. durch das Deaktivieren bestimmter Funktionsmerkmale). Darüber hinaus entfällt bei der Bestimmung der Hörschwelle im Freifeld die Dämmung von Umgebungsgeräuschen durch die Kopfhörer. Abhängig von der zu bestimmenden Hörschwelle müssen daher hohe Anforderungen an die Abschirmung von Umgebungsgeräuschen erfüllt werden, was meistens nur durch eine aufwendige akustische Gestaltung des Audiometrieraums möglich ist. Beispielsweise darf das Umgebungsgeräusch für die Messung der Hörschwelle von Menschen ohne Hörverlust im Bereich von 125 bis 12500 Hz laut ISO 8253-2 nicht mehr als 18,7 dB(A) betragen [13].

Darüber hinaus ist bei der Bestimmung der Hörschwelle aber auch das Eigenrauschen der Hörgerätemikrofone zu berücksichtigen, das typi-

– Anzeige –

Katholisches Klinikum
Koblenz · Montabaur



Für das Zentrum für HNO-Heilkunde/Phoniatrie-Pädaudiologie, mit der Klinik für HNO-Heilkunde, Gesichts-, Kopf-, Hals-, Schädelbasischirurgie, plastische Gesichtschirurgie und Cochlear Implant Centrum (Chefarzt Prof. Dr. med. Jan Maurer), suchen wir zum nächstmöglichen Zeitpunkt in Vollzeitbeschäftigung einen

MFA MIT ERFAHRUNG IN DER AUDIOLOGISCHEN DIAGNOSTIK (M/W/D)

AUDIOLOGIE-ASSISTENTEN (M/W/D)

MTA-F MIT SCHWERPUNKT AUDIOLOGIE (M/W/D)

HÖRGERÄTE-AKUSTIKER (M/W/D)

Wir informieren Sie gerne vorab:
Bei weiteren Fragen steht Ihnen gerne unkompliziert Chefarzt Prof. Dr. med. Jan Maurer telefonisch unter 0261-496-3110 zur Verfügung

Macht Lust auf mehr? Für Ihre Bewerbung geht es hier entlang, nutzen Sie den QR-Code oder gerne auch postalisch an:

Katholisches Klinikum Koblenz · Montabaur
Personalmanagement
Kardinal-Krementz-Straße 1-5
56073 Koblenz
Entdecken Sie Ihre Möglichkeiten: **www.kk-km.de**

BBT-Gruppe

DIENST. GEMEINSCHAFT. LEBEN.

Die BBT-Gruppe gehört mit über 100 Einrichtungen zu den großen christlichen Trägern von Krankenhäusern und Sozialeinrichtungen in Deutschland. Über 14.000 Mitarbeitende versorgen jährlich mehr als 700.000 Patienten ambulant und stationär und bieten in den verschiedenen Wohn- und Betreuungsangeboten der BBT-Gruppe über 2.400 Menschen eine bessere Teilhabe am gesellschaftlichen Leben. Unser christlicher Auftrag: Praktizierte Nächstenliebe.

scherweise über 20 dB(A) liegt. Mit steigender Verstärkung sinkt die versorgte Hörschwelle zunächst in gleichem Maße, bis die Eingangssignale vom Eigenrauschen der Mikrofone verdeckt werden. Wird die Verstärkung ab diesem Punkt weiter erhöht, verringert sich die versorgte Hörschwelle nicht weiter, weil das verdeckende Eigenrauschen der Mikrofone mit steigender Verstärkung ebenfalls ansteigt. Daher kann die versorgte Hörschwelle unabhängig von der gewählten Verstärkung in der Regel nicht auf den Wert von Menschen ohne Hörverlust abgesenkt werden. Zudem sollte die mögliche Verdeckung durch das Eigenrauschen beim Vergleich zwischen der versorgten und unversorgten Hörschwelle als Messung der wirksamen Verstärkung immer berücksichtigt werden. Im Zweifel sollte die Differenz nur als die mindestens wirksame Verstärkung betrachtet werden.

2.6 Lautheitsskalierung

Die Bestimmung von Hörschwelle und Unbehaglichkeitsgrenze, z. B. mittels Freifeldaudiometrie, gibt nur Aufschluss über die Rand- bzw. Extrembereiche der Hörwahrnehmung. Um auch die Perzeption zwischen diesen Bereichen zu untersuchen, kann die Lautheitsskalierung herangezogen werden. Dabei werden Geräusche bei verschiedenen Pegeln präsentiert und die empfundene Lautheit bewertet. Entsprechend ISO 16832 können dafür elf Antwortmöglichkeiten mit einer Abbildung auf einer 51-teiligen Skala von „nicht gehört“ (0) bis „extrem laut“ (50) verwendet werden [14]. Für die Bewertung können unterschiedliche Signale zum Einsatz kommen, wobei diese eine Länge von mindestens 1 s aufweisen sollten. Um eine frequenzabhängige Untersuchung zu ermöglichen, werden schmalbandige Signale bei verschiedenen Frequenzen bewertet. Für eine breitbandige Untersuchung werden unter anderem auch Sprachsignale verwendet.

Vor der eigentlichen Messung ist nach ISO 16832 eine Vorbereitung und Einweisung des Probanden und eine Trainings- und Gewöhnungsphase erforderlich. Dabei werden die Lautheitskategorien erklärt und der Proband mit Pegeln über den gesamten Dynamikbereich vertraut gemacht. Die Signaldarbietung kann über Lautsprecher oder Kopfhörer erfolgen, wobei Messungen im Freifeld die gleichen Herausforderungen wie die Freifeldaudiometrie mit sich bringen. Ein Vergleich der unversorgten und versorgten Situation kann ein umfassendes Bild über die wirksame Verstärkung bei unterschiedlichen Eingangspegeln liefern. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die menschliche Lautheitswahrnehmung in einem hohen Maße nichtlineare Eigenschaften aufweist. Dadurch kann die für eine konkrete Signalart, Bandbreite und Präsentationsart (monaural oder binaural) bestimmte Lautheitswahrnehmung nur begrenzt auf andere Situationen übertragen werden.

3 Validierung

3.1 Sprachtestverfahren

Ein zentrales Ziel der Hörsystemversorgung ist die Wiederherstellung der Kommunikationsfähigkeit mittels gesprochener Sprache. Daher spielen Sprachtestverfahren bei der Validierung im Bereich der Hörsystemversorgung eine entscheidende Rolle. Es existiert eine sehr große Anzahl verschiedener Sprachtests in unterschiedlichen Sprachen und mit unterschiedlichen Zielsetzungen. Auf internationaler Ebene werden in der ISO 8253-3 daher nur generische Anforderungen an Sprachtests festgelegt [15]. Im Folgenden werden ein paar wichtige Unterscheidungsmerkmale näher beschrieben.

Messung in Ruhe oder im Störgeräusch
Bei einer Messung in Ruhe wird die Sprachverständlichkeit in Abhängigkeit vom Pegel des Sprachmaterials bestimmt. Bei Messungen im Störgeräusch hängt das Sprachverstehen in einem gewissen Bereich hauptsächlich vom relativen Pegel zwischen Nutz- und Störgeräusch, dem Signal-Rausch-Abstand (Signal-to-Noise Ratio, (SNR)), ab. Daher wird in diesem Fall vornehmlich das Sprachverstehen in Abhängigkeit vom SNR betrachtet, wobei die absoluten Pegel von Nutz- und Störgeräusch auch immer mitberücksichtigt werden sollten.

Präsentationsart
Die Präsentation von Nutz- und Störsignal kann über Kopfhörer oder über Lautsprecher erfolgen. Insbesondere zur Untersuchung von richtungsabhängigen Effekten kommen meistens Messungen im Störgeräusch über Lautsprecher zum Einsatz. Dazu wird beispielsweise ein Sprachsignal aus 0° und ein Störgeräusch aus 90° oder 180° präsentiert.

Konstanter oder adaptiver Pegel/SNR
Eine Möglichkeit der Messung besteht darin, das Sprachverstehen bei einem konstanten Pegel oder SNR zu bestimmen. Das Ergebnis wird dann in der Regel anhand der richtig verstandenen Sprachanteile in Prozent angegeben. Eine andere Möglichkeit besteht darin, den Pegel oder SNR adaptiv zu ändern, um den Pegel bzw. SNR für ein gewisses Sprachverstehen zu ermitteln. Häufig wird der Pegel bzw. SNR für 50 % Sprachverstehen ermittelt. Bei diesem Vorgehen entspricht ein geringerer Pegel bzw. SNR einem besseren Hörvermögen. Bei anderen adaptiven Verfahren kann auch die komplette psychometrische Funktion, also das Sprachverstehen als Funktion des Pegels bzw. SNRs, ermittelt werden [16].

Antwort des Probanden
Bei vielen Sprachtests antworten die Probanden, indem das präsentierte Sprachmaterial nachgesprochen und dies als richtig oder falsch bewertet wird. Die Bewertung erfolgt meistens durch eine ausgebildete Person oder mittlerweile auch mittels Spracherkennung. Eine andere Möglichkeit besteht darin, über die Eingabe auf einer Tastatur oder einem Touchscreen zu antworten. Wenn der Proband die Antwort ohne vorgegebene Antwortmöglichkeiten frei wählen kann, spricht man von einem offenen Sprachtest. Kann die Antwort nur aus einer vorgegebenen Auswahl an Möglichkeiten gewählt werden, spricht man hingegen von einem geschlossenen Sprachtest.

Komplexität des Sprachmaterials
Die Komplexität des Sprachmaterials entscheidet maßgeblich darüber, inwieweit neben der auditorischen auch andere meist kognitive Fähigkeiten mit beurteilt werden. Werden nur einfache bedeutungslose Sprachbauteile verwendet, wie z. B. eine Folge aus Vokal-Konsonant-Vokal, hängt das Sprachverstehen größtenteils von den auditorischen Fähigkeiten ab. Werden jedoch bedeutungsvolle ein- oder mehrsilbige Wörter oder ganze Sätze verwendet, hängt das Sprachverstehen auch von anderen Fähigkeiten wie dem Wortschatz oder Arbeitsgedächtnis ab.

In Deutschland spielen Sprachtestverfahren auch für den Nachweis einer erfolgreichen Hörgeräteversorgung eine wichtige Rolle. In der vom Gemeinsamen Bundesausschuss (GBA) veröffentlichten Hilfsmittel-Richtlinie (HilfsM-RL) wird ein Nachweis mithilfe des Freiburger Sprachtest, dem Oldenburger Satztest (OLSA) und dem Göttinger Satztest (GÖSA) beschrieben [17]. Daher werden diese Sprachtests im Folgenden näher betrachtet.

Freiburger Sprachtest
Der Freiburger Sprachtest ist der in Deutschland im Bereich der Hörsystemversorgung am häufigsten eingesetzte Sprachtest [18]. Der Test besteht

aus zehn Gruppen mit je zehn mehrsilbigen Zahlenwörtern und 20 Gruppen mit je 20 einsilbigen Wörtern, die in der DIN 45621-1 beschrieben werden [19]. Die Definition des Sprachpegels und anderer wichtiger Eigenschaften des Sprachmaterials erfolgt zudem in DIN 45626-1 [20]. Für den Nachweis des Versorgungserfolgs wird in der HilfsM-RL eine Verbesserung gegenüber der unversorgten Situation in Ruhe von 20 Prozentpunkten und im Störgeräusch von 10 Prozentpunkten gefordert. Der Sprachpegel beträgt dabei 65 dB und der Störgeräuschpegel 60 dB [21].

Göttinger Satztest (GÖSA)
Der Göttinger Satztest besteht aus Alltagssätzen, die aus drei bis sieben Wörtern bestehen und in zehn Testlisten mit jeweils 20 Sätzen oder sechs Testlisten mit jeweils 30 Sätzen eingeteilt werden [22]. Die Messungen können auf vielfältige Weise erfolgen, z. B. in Ruhe oder im Störgeräusch bei festem oder adaptivem Pegel bzw. SNR. In der HilfsM-RL wird eine Darbietung bei 45 dB sprachsimulierendem Störgeräusch und eine Verbesserung von 2 dB SNR der versorgten gegenüber der unversorgten Situation gefordert.

Oldenburger Satztest (OLSA)
Der Oldenburger Satztest ist ein Matrixtest, bei dem immer fünf Wörter aus fünf Kategorien zu einem Satz zusammengesetzt werden [23]. Jede Kategorie besteht aus jeweils zehn Wörtern, sodass der Test insgesamt 50 verschiedene Wörter beinhaltet. Bei der Zusammensetzung der Sätze wird nicht auf die Bedeutung geachtet, sodass viele Konstellationen ungewöhnlich erscheinen, wie z. B. „Kerstin verleiht elf grüne Autos". Die Sätze werden in 45 Testlisten mit je 20 Sätzen oder in 40 Testlisten mit je 30 Sätzen präsentiert. Wie beim GÖSA stehen auch beim OLSA eine Vielzahl verschiedener Messmöglichkeiten zur Verfügung, wobei die HilfsM-RL eine Darbietung bei 45 dB sprachsimulierenden Störgeräusch und eine Verbesserung von 2 dB SNR der versorgten gegenüber der unversorgten Situation fordert.

3.2 Fragebögen

Im Rahmen der Validierung werden Fragebögen häufig vor und nach erfolgter Hörsystemversorgung durchgeführt und die Ergebnisse miteinander verglichen. Dabei gibt es geschlossene Frageninventare mit festen Antwortmöglichkeiten und offene Inventare, bei denen frei geantwortet werden kann. Eine Validierung mittels Fragebögen ist im Rahmen der Hörgeräteversorgung weit verbreitet, sodass eine Vielzahl unterschiedlicher Fragebögen zur Verfügung stehen. Im Nachfolgenden werden daher nur beispielhaft vier häufig verwendete Fragebögen vorgestellt.

Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit (APHAB)
Beim ABHAB handelt es ich um ein geschlossenes Frageninventar mit jeweils sechs Fragen aus den vier Kategorien Kommunikationsprobleme (Ease of Communication (EC)), Störschall (Background Noise (BN)), Nachhall (Reverberation (RV)) und Unbehaglichkeit (Aversiveness of Sounds (AV)) [24]. Die Fragen beschreiben das Erleben oder Bewältigen einer Hörsituation und fragen mittels einer siebenstufigen Skala, inwieweit das eigene Erleben dadurch beschrieben wird. Die Auswertung erfolgt sowohl in den einzelnen Kategorien (EC, BN, RV, AV) als auch über alle Kategorien hinweg.

Client Oriented Scale of Improvement (COSI)
Beim COSI werden zu Beginn der Hörsystemversorgung bis zu fünf Situationen festgelegt, in denen sich der Hörgeschädigte eine Verbesserung wünscht [25]. Die gewählten Situationen werden jeweils einer von 16 vorgegebenen Standardsituationen zugeordnet. Nach der Hörsystemversorgung und am Ende der Eingewöhnung werden die gewählten fünf Situationen durch den Hörgeschädigten bewertet. Dabei werden zum einen die Änderung durch das Hörsystem und zum anderen die erreichte Hörfähigkeit mit Hörsystem jeweils auf einer fünfstufigen Skala bewertet.

Göteborger Profil
Beim Göteborger Profil handelt es sich um ein geschlossenes Frageninventar, das jeweils fünf Fragen in den Kategorien „Sprachverstehen in Ruhe und im Störschall", „Richtungshören", „Auswirkungen auf zwischenmenschliche Beziehungen" und „Psychosoziale Folgen" bereitstellt [26]. Die Antworten werden auf einer elf- oder fünfstufigen Skala gegeben. Das Frageninventar wird jeweils ohne bzw. mit Hörsystem abgefragt und in Form eines Profils dargestellt.

International Outcome Inventory for Hearing Aids (IOI-HA)
Das IOI-HA besteht aus nur sieben Fragen, welche nach der Hörsystemversorgung auf einer fünfstufigen Skala beantwortet werden [27]. Im Deutschen wird IOI-HA auch mit „Internationales Inventar zur Evaluation von Hörgeräten" (IIEH) übersetzt.

Literatur

[1] International Organization for Standardization ISO 21388:2020. Acoustics – Hearing aid fitting management (HAFM); 2020
[2] International Electrotechnical Commission. IEC 60118-7 Electroacoustics – Hearing aids – Part 7: Measurement of the performance characteristics of hearing aids for production, supply and delivery quality assurance purposes. 2005
[3] International Electrotechnical Commission. IEC 60118-0 Electroacoustics – Hearing aids – Part 0: Measurement of the performance characteristics of hearing aids. 2022
[4] Denk F, Hieke T, Roberz M, Husstedt H. Occlusion and coupling effects with different earmold designs – all a matter of opening the ear canal?. International Journal of Audiology. 2022. DOI: 10.1080/14992027.2022.2039966
[5] Mueller HG. Perspective: real ear verification of hearing aid gain and output. GMS Z Audiol (Audiol Acoust). 2020. DOI: 10.3205/zaud000009
[6] Husstedt H, Schönweiler R. (Luftleitungs-)Hörsysteme – Indikation, Bauformen und Einsatzmöglichkeiten. HNO. 2022;70(8): 635–44
[7] Killion MC, Monser EL. CORFIG: Coupler response for flat insertion gain. In: Sandlin RE (Ed.) Acoustical factors affecting hearing aid performance. Baltimore: University Park Press; 1980. pp. 149–68
[8] International Electrotechnical Commission. IEC 60118-8 Electroacoustics – Hearing aids – Part 8: Methods of measurement of performance characteristics of hearing aids under simulated [in situ] working conditions. 2005
[9] International Electrotechnical Commission. IEC 61669 Electroacoustics – Measurement of real-ear acoustical performance characteristics of hearing aids. 2015
[10] Holube I, Fredelake S, Flaming M, Kollmeier B. Development and analysis of an International Speech Test Signal (ISTS). International Journal of Audiology. 2010;49(12):891–903
[11] International Electrotechnical Commission. IEC 60118-15 Electroacoustics – Hearing aids – Part 15: Methods for characterising signal processing in hearing aids with a speech-like signal. 2012
[12] Europäische Union der Hörakustiker e.V. (EUHA), Hörsystemanpassung mittels Perzentilanalyse (Leitlinie 04-01); 2013
[13] International Organization for Standardization. ISO 8253-2, Acoustics – Audiometric test methods – Part 2: Sound field audiometry with pure-tone and narrow-band test signals. 2009
[14] International Organization for Standardization ISO 16832, Acoustics — Loudness scaling by means of categories. 2006
[15] Organization for Standardization ISO 8253-3, Acoustics – Audiometric test methods – Part 3: Speech audiometry, International. 2012
[16] Brand T, Kollmeier B. Efficient adaptive procedures for threshold and concurrent slope estimates for psychophysics and speech intelligibility tests. The Journal of the Acoustical Society of America. 2002;111(6):2801–10
[17] Gemeinsamer Bundesausschuss. Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses über die Verordnung von Hilfsmitteln in der vertragsärztlichen Versorgung (Hilfsmittel-Richtlinie/HilfsM-RL). 2021
[18] Hahlbrock KH. Über Sprachaudiometrie und neue Wörterteste. Archiv f. Ohren-, Nasen- u. Kehlkopfheilkunde. 1953;162:394–431
[19] DIN 45621-1 Sprache für Gehörprüfung. Teil 1: Ein- und mehrsilbige Wörter, Berlin: Beuth Verlag; 1995
[20] DIN 45626-1 Tonträger mit Sprache für Gehörprüfung, Teil 1: Tonträger mit Wörtern nach DIN 45621-1. Berlin: Beuth Verlag; 1995

[21] Winkler A, Holube I, Husstedt H. Der Freiburger Einsilbertest im Störschall. HNO. 2020;68:14–24
[22] Kollmeier B, Wesselkamp M. Development and evaluation of a German sentence test for objective and subjective speech intelligibility assessment. The Journal of the Acoustical Society of America. 1997;102
[23] Wagener K, Kühnel V, Kollmeier B. Entwicklung und Evaluation eines Satztests für die deutsche Sprache I: Design des Oldenburger Satztests. Z Audiol (Audiol Acoust). 1999;38(1):4–15
[24] Cox RM, Alexander GC. The abbreviated profile of hearing aid benefit. Ear and hearing. 1995;16(2):176–86
[25] Dillon H, James A, Ginis J. Client Oriented Scale of Improvement (COSI) and its relationship to several other measures of benefit and satisfaction provided by hearing aids. J Am Acad Audiol. 1997;8(1):27–43
[26] Ringdahl A, Eriksson-Mangold M, Andersson G. Psychometric evaluation of the Gothenburg Profile for measurement of experienced hearing disability and handicap: Applications with new hearing aid candidates and experienced hearing aid users. Br J Audiol. 1998;32(6):375–85
[27] Cox R, Hyde M, Gatehouse S, Noble W, Dillon H, Bentler R, Stephens D, Arlinger S, Beck L, Wilkerson D, Kramer S, Kricos P, Gagne JP, Bess F, Hallberg L. Optimal outcome measures, research priorities, and international cooperation. Ear Hear. 2000;21:106S–115S. DOI: 10.1097/00003446-200008001-00014



Foto: Deutsches Hörgeräte Institut GmbH

Hendrik Husstedt erlangte 2007 den Abschluss Dipl.-Ing. (BA) von der Berufsakademie Stuttgart und arbeitete parallel dazu im Bereich Security ICs bei der Infineon Technologies AG in München. Danach zog er nach Österreich, wo er an der Alpen-Adria-Universität in Klagenfurt 2009 den Abschluss Dipl.-Ing. in Informationstechnik erlangte und 2012 im Fachbereich Mechatronik promovierte. Nach seiner Promotion wechselte er an die Technische Universität Wien, wo er von 2012 bis 2014 als PostDoc am Institut für Mechanik- und Mechatronik tätig war. Seit 2014 ist Hendrik Husstedt beim Deutschen Hörgeräte Institut in Lübeck tätig, wo er 2015 zum Geschäftsführer berufen wurde. In dieser Funktion leitet er die Durchführung von akkreditierten Prüfungen und betreibt Forschung im Bereich der Hörakustik. Zudem ist Husstedt aktives Mitglied in nationalen und internationalen Normungsgremien, Fachausschüssen und Arbeitskreisen und gibt als externer Dozent sowohl an der Universität zu Lübeck als auch an der Technischen Hochschule Lübeck Vorlesungen und betreut studentische Arbeiten.



Foto: Akademie für Hörakustik

Lena Geschwandtner ist Dozentin an der Akademie für Hörakustik. Nach dem Abschluss ihrer Ausbildung zur Hörakustikerin erwarb sie an der Technischen Hochschule Lübeck den Bachelor of Science im Fach Hörakustik. Über das RISE-Worldwide-Programm des Deutschen Akademischen Austauschdienstes absolvierte sie ihr Berufspraktikum an der Universität von Granada. Im Anschluss schrieb sie ihre Abschlussarbeit über den Vergleich von Nachhallzeitmessungen über mobile Applikationen mit den in der DIN EN ISO 3382-2:2008 beschriebenen Verfahren. Nach erfolgreichem Bachelorabschluss unterstützt sie an der Akademie die Meistervorbereitungskurse in den Fachbereichen Grundlagen, Qualitätsmanagement und Rechtsvorschriften.



Foto: Akademie für Hörakustik

Stefanie Ziegler hat 2006 die Ausbildung zur Augenoptikerin in Wuppertal abgeschlossen. Nach elf Jahren in diesem Beruf als Gesellin wechselte sie nach einer beidseitigen Cochlea-Implantat-Versorgung in die Hörakustik und hat im Sommer 2019 eine zweijährige Umschulung zur Hörakustikerin mit der Gesellenprüfung abgeschlossen. Direkt im Anschluss besuchte sie den Meistervollzeitkurs in Lübeck und hat im Sommer 2020 als Jahrgangsbeste die Meisterprüfung bestanden. Seit September 2020 ist sie Teil des Dozententeams der Akademie für Hörakustik. Zu ihren Aufgaben gehören die überbetriebliche Lehrlingsunterweisung, Otoplastik, Service- und Instandhaltungsmaßnahmen, Assistenzsysteme, Sprachtestverfahren, Zusatztests, CI-Akustik sowie die Audiologie und Hörsystemanpassung.



Foto: Akademie für Hörakustik

Armin Herbertz hat seine Ausbildung zum Hörgeräteakustiker im Juli 1994 abgeschlossen. Danach war er als Geselle tätig und legte im August 1998 erfolgreich seine Meisterprüfung ab. Im Zeitraum von 1991 bis 2009 arbeitete Herbertz im Fachgeschäft, bevor er im April 2009 seine Tätigkeit als Produkttrainer bei einem Hörgeräteherstellers aufnahm.

Seit dem 01.05.2016 ist Armin Herbertz als Dozent an der Akademie für Hörakustik in den Bereichen der überbetrieblichen Ausbildung, Meistertheorie und Meisterpraxis tätig. Seine Schwerpunkte liegen in den Bereichen Audiologie und Hörsystemanpassung.