Antwortzeiten beim Freiburger Einsilbertest

Was kann der Freiburger Einsilbertest über die Höranstrengung verraten?

Stephan Müller und Dr. Hendrik Husstedt (Deutsches Hörgeräte Institut GmbH)

Der Freiburger Einsilbertest ist aus dem Alltag des Hörakustikers nicht mehr wegzudenken. Doch kann er neben dem Sprachverstehen auch Informationen über die Höranstrengung vermitteln? In diesem Beitrag werden zwei Studien des Deutschen Hörgeräte Institutes vorgestellt, die dieser Frage nachgehen. Dabei werden die Antwortzeiten des Freiburger Einsilbertestes als Maß für die Höranstrengung erhoben. Das Messverfahren lässt sich mit wenig Aufwand in bestehenden Audiometern nachrüsten und bietet eine weitere Möglichkeit, Hörsysteme und deren Features miteinander zu vergleichen.

Einführung

In der alltäglichen Praxis des Hörakustikers spielt die Verbesserung des Sprachverstehens durch Hörsysteme eine zentrale Rolle. Viele Funktionen moderner Hörsysteme zielen vermehrt darauf ab, die Anstrengung zu verringern, die für das Sprachverstehen aufgebracht werden muss. Zur Erfassung der sogenannten Höranstrengung wurden bereits zahlreiche Messverfahren untersucht und vielversprechende Methoden in der Messung physiologischer Reaktionen gefunden. Dazu gehören etwa die Pupillometrie (Hyönä et al. 1995, Zekveld et al. 2010), Elektroenzephalografie (EEG) (Bernarding et al. 2017) oder Messungen des Hautleitwertes (Ortmann et al. 2014). Diese Messungen erfordern jedoch aufwendige Aufbauten oder nicht praxisnahe Messumgebungen. Weniger aufwendige Methoden wurden in Form von Doppelaufgabentests (Sarampalis et al. 2009, Fraser et al. 2010) oder der Erhebung von subjektiven Bewertungen der Höranstrengung mittels Fragebogen (Krüger et al. 2015) bereitgestellt. Bereits 1990 ließen sich auch direkt die Antwortzeiten bei einem Sprachtest als Indikator der Höranstrengung messen (Gatehouse und Gordon 1990, Houben et al. 2013).

Im Alltag des Hörakustikers stellt der Freiburger Sprachtest ein Standardverfahren zur Erfolgskontrolle von Hörsystemen dar. In diesem Beitrag werden zwei Studien vorgestellt, in denen die Antwortzeiten beim Freiburger Einsilbertest (FET) im Störgeräusch auf ihren Zusammenhang zur Höranstrengung untersucht werden. Ziel ist es, eine möglichst praxistaugliche Methode bereitzustellen.

Die erste Studie befasst sich mit der Frage, ob sich der Zusammenhang zwischen den Antwortzeiten bei Sprachtests und der Höranstrengung überhaupt beim FET herstellen lässt. Dabei werden zwei Verfahren zur Erfassung der Antwortzeiten gegenübergestellt. In den folgenden Abschnitten werden die verwendeten Methoden und die Ergebnisse erörtert.

Methoden der ersten Studie

Um unterschiedliche Ausprägungen der Höranstrengung hervorzurufen, werden die Wörter des FETs mit sprachsimulierendem (Comité-Consultatif-International-Téléphonique-et-Télégraphique(CCITT))-Rauschen unterlegt. Der Sprachschallpegel ist fest auf 65 dB, das Rauschen auf die Signal-Rausch-Abstände (Signal-to-Noise-Ratio (SNR)) −10 dB, −5 dB, 0 dB, 5 dB, 10 dB und 40 dB eingestellt. Bei einem SNR von 40 dB wird kein Rauschen mehr vernommen; hiermit soll eine ruhige Umgebung als minimal anstrengende Situation simuliert werden. 18 von 20 Listen des FETs werden randomisiert ausgewählt, der SNR wechselt nach jeder Liste. Zur Darbietung des Testmaterials und zum Festhalten der Antwortzeiten wird ein Programm in MatLab geschrieben. Das Rauschen sowie die Einsilber sind entsprechend der Vorgabe aus der DIN 45626-1 kalibriert. Das Testmaterial wird aus einem Lautsprecher aus 0° wiedergegeben (Abbildung 1).



Abbildung 1: Verwendeter Messaufbau: Stör- und Nutzschall werden aus demselben Lautsprecher aus 0° abgespielt und mittels Mikrofon aufgezeichnet.

Abbildungen: Stephan Müller

Die Antwortzeiten sind definiert als die Zeitdifferenz zwischen Abklingen der Wortdarbietung und der verbalen Antwort des Probanden. Hier werden zwei verschiedene Methoden zu deren Erfassung untersucht. Bei der ersten werden die Antwortzeiten automatisiert aus der Mikrofonaufzeichnung am Mund des Probanden gelesen. Das Zeitsignal wird zunächst geschnitten in Zeitpunkt nach Abklingen der Darbietung bis Zeitpunkt des Mausklicks auf die Antwort. Nun wird das Signal in kurze Zeitfenster eingeteilt und der Root-Mean-Square (RMS) jedes Fensters bestimmt. Das Zeitfenster, in dem der RMS um mehr als das 0,75-Fache der Standardabweichung der geschnittenen Aufnahme angestiegen ist, markiert den Zeitpunkt der Antwort. Bei der zweiten Methode werden die Antwortzeiten aus der Zeitdifferenz zwischen den Betätigungen der Darbietungsschaltfläche und der Antwortschaltfläche („richtig" beziehungsweise „falsch") per Mausklick bestimmt. Die Dauer des dargebotenen Wortes ist bekannt und wird von dieser Zeitdifferenz abgezogen. Diese Methode ist rein softwarebasiert und wird im Folgenden als Click-to-Click (C2C) bezeichnet. Vorteil der C2C-Methode ist, dass sie sich leicht in bestehende Audiometerprogramme einpflegen lässt, und es wird kein zusätzliches Mikrofon benötigt. Allerdings enthalten die resultierenden Antwortzeiten sowohl die Reaktionszeiten des Testleiters als auch die Zeit des Nachsprechens durch den Probanden. Hier soll untersucht werden, ob die Differenz zwischen beiden vorgestellten Verfahren unabhängig vom SNR ist. Bleibt eine Antwort aus oder lautet sie „nein" oder „nicht verstanden", ist eine Erfassung der Antwortzeit nicht sinnvoll. Daher wurde neben „richtig" und „falsch" die weitere Schaltfläche „keine Angabe" eingeführt. Entsprechende Antworten fließen nicht in die Auswertung der Antwortzeiten mit ein, werden jedoch in Bezug auf das Sprachverstehen als „falsch" gewertet.

Zusätzlich zu den Antwortzeiten werden das Sprachverstehen sowie die subjektive Bewertung der Höranstrengung erfasst. Die subjektive Höranstrengung wird in Form einer Bewertungsskala nach Krüger (2015) nach Ablauf jeder Liste erfasst. Die Skala umfasst 13 Bewertungsstufen von „mühelos" bis „extrem anstrengend" und die 14. Bewertungsstufe „nur Störgeräusch". Letztere soll angekreuzt werden, wenn keine Sprache mehr vernommen wurde und eine Bewertung der Anstrengung somit nicht möglich ist. Entsprechende Listen fließen nicht in das Ergebnis der subjektiven Bewertung ein.

Teilnehmer der Studie sind 40 normal hörende Probanden zwischen 20 und 30 Jahren (Ø 24,3 Jahre) ohne nennenswerte Vorerfahrung mit dem Freiburger Sprachtest. Das Hörvermögen wird am Untersuchungstag überprüft, ausgeschlossen wird ab einem Hörverlust > 20 dB bei mindestens einer Prüffrequenz. Die Probanden werden entsprechend der beim FET üblichen Einweisung angewiesen, die Wörter wie gehört nachzusprechen. Sie wissen nicht, dass die Antwortzeiten aufgezeichnet werden.

Ergebnisse der ersten Studie

Gegenüberstellung der Antwortzeiten zweier Methoden

Die Gegenüberstellung der beiden Verfahren zur Erfassung der Antwortzeit ist in Abbildung 2 in Form eines Streudiagramms dargestellt. Die automatisiert erfassten Antwortzeiten aus dem Mikrofonsignal sind an der Ordinate aufgetragen, an der Abszisse die C2C-Antwortzeiten. Ein Punkt markiert die gemittelten Antwortzeiten einer Wortliste, farblich markiert ist der vorherrschende SNR. Zwischen den beiden Methoden besteht eine Korrelation nach Pearson von 88 Prozent***. Die rote Ausgleichsgerade schneidet die Abszisse bei 0,55 s; der Wert markiert die durchschnittliche Verzögerung durch das Nachsprechen und die Reaktionszeit des Testleiters. Ausreißende Punkte gehen auf Schwächen des Programmes gegenüber zu stark dominierendem Rauschen im Mikrofonsignal zurück. Die hohe Korrelation zwischen beiden Verfahren belegt eine praktische Anwendbarkeit der weniger aufwendigen C2C-Methode. In den weiteren Ergebnissen werden daher ausschließlich die C2C-Antwortzeiten herangezogen (Abbildung 2).

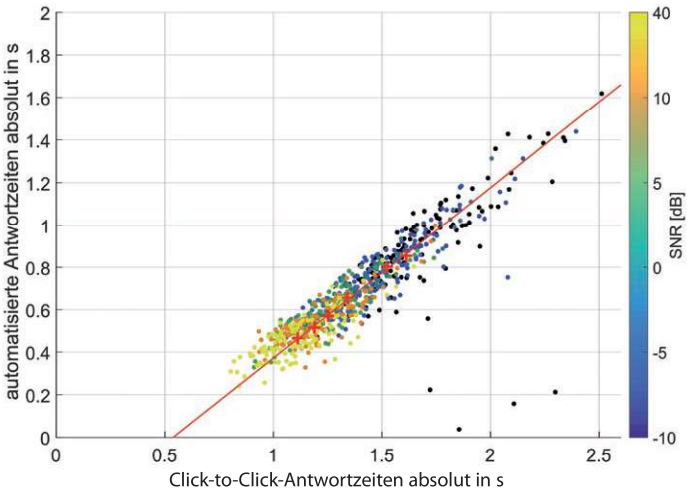


Abbildung 2: Streudiagramm der automatisiert bestimmten Antwortzeiten (Ordinate) gegenüber C2C-Antwortzeiten mit Ausgleichsgerade (rot). Ein Punkt markiert die mittleren Zeiten einer Wortliste, die Farbe deren SNR.

Gegenüberstellung der Ergebnisse

Da jeder Mensch eine von Grund auf verschiedene Reaktionszeit hat, streuen die Ergebnisse der Antwortzeiten sehr stark. Um die Streuung zu minimieren, wird eine Normierung durchgeführt. Hierfür werden die gemittelten Antwortzeiten für jeden Probanden in Bezug auf die Antwortzeiten bei 40 dB SNR gesetzt. Diese Bedingung repräsentiert minimale Höranstrengung in dieser Untersuchung. In Abbildung 3 sind die relativen Antwortzeiten über dem SNR als Boxplots dargestellt. Die Ergebnisse zwischen den SNRs weisen nach gepaartem T-Test hoch signifikante Unterschiede ($p < 0{,}001$) auf. Der rote Kurvenverlauf bildet den Zusammenhang als Spline-Interpolation

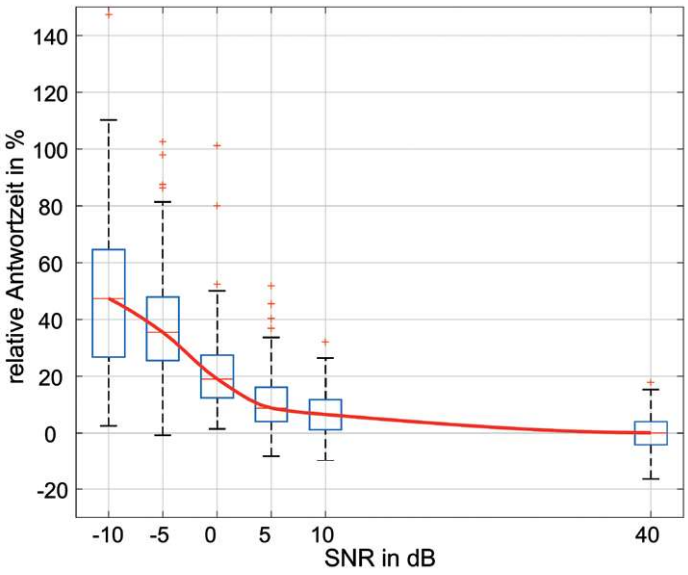


Abbildung 3: Relative Antwortzeiten aller Probanden als Boxplots über dem SNR, Ausreißer sind mit + gekennzeichnet. Der rote Funktionsverlauf wird mittels Spline durch die Mediane interpoliert.

der Mediane ab. Der Verlauf zeigt, dass die Antwortzeiten entsprechend der erwarteten Höranstrengung mit steigendem SNR abfallen (Abbildung 3).

Antworten, welche mit „keine Angabe" gewertet wurden, fließen nicht in die Ergebnisbetrachtung ein. Dies führt dazu, dass die gemittelten Daten bei negativen SNRs auf weniger Daten zurückgehen. Zur Verdeutlichung ist der Anteil der verwertbaren Antworten für jeden SNR in Tabelle 1 eingetragen. Bei negativen SNRs verliert die Messung der Antwortzeiten demnach an Aussagekraft.

SNR in dB	-10	-5	0	5	10	40
Anteil verwertbarer Antworten	37,75 %	72,37 %	93,95 %	97,66 %	99,62 %	100 %

Tabelle 1: Anteil der in das Gesamtergebnis der Antwortzeiten fließenden Antworten von insgesamt 2 400 Darbietungen pro SNR. Das sind jeweils die Antworten, die mit „keine Angabe" bewertet wurden.

Antwortzeiten, subjektive Bewertungen der Höranstrengung, werden in Abbildung 4 für jeden SNR zusammenfassend dargestellt. Für eine gleichwertige Gegenüberstellung von Antwortzeiten (rote Kurve) und Sprachverstehen wird die psychometrische Funktion des Sprachverstehens (blaue Kurve) ebenfalls mittels Spline approximiert. Die 13 auswertbaren Stufen der subjektiven Bewertung werden hier auf 0 bis 100 Prozent skaliert, wobei 0 Prozent der Bewertung „mühelos" und 100 Prozent der Bewertung „extrem anstrengend" entsprechen. Auffallend ist, dass die Anstrengung zwischen 0 dB und 10 dB subjektiv als höher bewertet wird, als es die Antwortzeiten indizieren. Bei 14,5 dB SNR hat die subjektive Bewertung ihr Minimum. Darüber hinaus werden die Situationen demnach im Mittel als mühelos empfunden, während die Antwortzeiten ihr Minimum noch nicht erreicht haben. Die Korrelation zwischen Antwortzeiten und subjektiver Bewertung beträgt 71 Prozent***. Letztere korrelieren zu -90 Prozent*** mit dem Sprachverstehen. Dies ist ein Hinweis darauf, dass die subjektive Bewertung in dieser Studie kaum zusätzliche Informationen als das Sprachverstehen beinhaltet.

Die Funktionen der Antwortzeiten und des Sprachverstehens weisen antiproportionales Verhalten auf. Bei höherem SNR erreicht das Sprachverstehen früher seinen Sättigungsbereich als die Antwortzeiten. Das und die Korrelation zwischen beiden Größen von –75 Prozent*** bestätigt die Vermutung, dass die Antwortzeiten insbesondere im Sättigungsbereich des Sprachverstehens zusätzliche Informationen beinhalten. Es ist weiterhin zu bedenken, dass sich die Mittelungen bei negativen SNRs aus weniger Daten zusammensetzen (Abbildung 4).

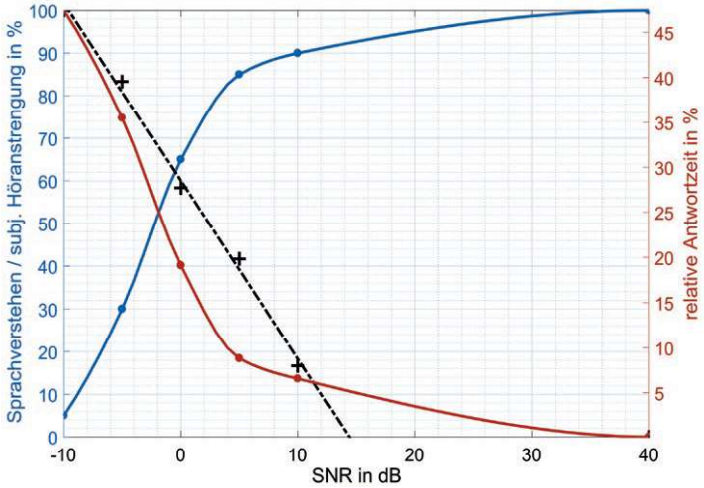


Abbildung 4: Gegenüberstellung der einzelnen Erhebungen. Die blaue Kurve bildet die approximierte psychometrische Funktion des Sprachverstehens über dem SNR ab (Ausrichtung linke Ordinate). Die schwarz gestrichelte Gerade stellt die Ausgleichsgerade der subjektiven Höranstrengung über den SNR in Prozent dar (Ausrichtung linke Ordinate). Die Mediane der Höranstrengung sind mit + gekennzeichnet. Ausgerichtet an der rechten Ordinate ist die Spline-Approximation der relativen Antwortzeiten über den SNR in rot dargestellt.

Die Ergebnisse dieser Studie führten zu der Erkenntnis, dass die Antwortzeiten beim Freiburger Einsilbertest durchaus als Indikator für die Höranstrengung dienen können. Die Vorgabe, ein leicht in die Praxis einzupflegendes Verfahren der Erfassung der Antwortzeiten zu liefern, wurde durch die C2C-Methode erfüllt. Es gilt nun zu prüfen, ob sich das Verfahren auch eignet, um etwa verschiedene Features in Hörsystemen miteinander zu vergleichen – insbesondere solche Features, deren mutmaßlicher Nutzen eine Erleichterung der Höranstrengung, jedoch keine Verbesserung des Sprachverstehens darstellt. Die zweite Studie dieses Beitrages befasst sich mit der Frage, ob sich der Nutzen einer Störgeräuschunterdrückung mit den Antwortzeiten beim FET messen lässt.

Methoden der zweiten Studie

In der zweiten Studie werden erneut das Sprachverstehen, die subjektive Bewertung der Höranstrengung und die Antwortzeiten erfasst. Dazu wird das Programm unter MatLab aus der ersten Studie verwendet. Um die Effekte des verwendeten Hörsystems und seiner Störgeräuschunterdrückung (SGU) zu erfassen, werden fünf verschiedene Bedingungen verglichen:

1) 5 dB SNR bei angeschalteter SGU
2) 5 dB SNR bei ausgeschalteter SGU
3) 5 dB SNR ohne Hörsystem
4) 40 dB SNR bei ausgeschalteter SGU
5) 40 dB SNR ohne Hörsystem.

20 Listen des FETs werden randomisiert bei festem Pegel von 65 dB zu den fünf Bedingungen dargeboten. Einsilber sowie Rauschen entspringen erneut demselben Lautsprecher aus 0°.

Bei der ersten Studie ließen sich nichtlineare Abweichungen zwischen C2C-Antwortzeiten und automatisiert erfassten Antwortzeiten auf Verzögerungen durch den Testleiter zurückführen. Insbesondere bei negativen SNRs bedarf es im Mittel etwas mehr Zeit, eine Antwort in „richtig", „falsch" oder „keine Angabe" einzuteilen. Um dem entgegenzuwirken, wird in dieser Studie eine Schaltfläche „Antwort gegeben" vor die eigentlichen Antwortschaltflächen eingeführt. Auf diese Weise sollen Verzögerungen durch den Testleiter minimiert werden.

Um die Wirksamkeit der Maßnahme zu überprüfen, werden auch in dieser Studie die Antworten mittels Mikrofon aufgezeichnet.

20 erfahrene Hörgeräteträger werden zu der Studie eingeladen. Das mittlere Alter liegt bei 75 Jahren und reicht von 59 bis 86 Jahre. Eine Vorauswahl der Probanden erfolgte anhand des Hörverlustes Typ N3 nach DIN EN 60118-15_2012. Das Hörvermögen wird am Untersuchungstag überprüft. Allen Probanden werden dieselben modernen Hinter-dem-Ohr(HdO)-Hörsysteme angepasst. Individuelle Otoplastiken sind vorhanden. Die Hörsysteme werden als First Fit nach der Anpassformel NAL-NL2 mit anschließender subjektiver Klangkontrolle eingestellt. Ein zweites Programm wird eingerichtet, in dem lediglich die SGU auf höchster Stufe hinzugeschaltet wird. Adaptive Parameter sowie Richtwirkungen werden deaktiviert. Die Probanden wissen weder, welche Einstellung des Hörsystems aktiv ist, noch, dass die Antwortzeiten erfasst werden.

Ergebnisse der zweiten Studie

Um die Varianz der Reaktionszeit des Testleiters zu minimieren, wurde die zusätzliche Schaltfläche „Antwort erfolgt" eingeführt. Die Gegenüberstellung der automatisiert erfassten Antwortzeiten mit den C2C-Antwortzeiten liefert eine Korrelation von 97,7 Prozent***. Gegenüber der Korrelation von 88 Prozent bei der ersten Studie konnte somit die Validität der Methode deutlich verbessert werden.

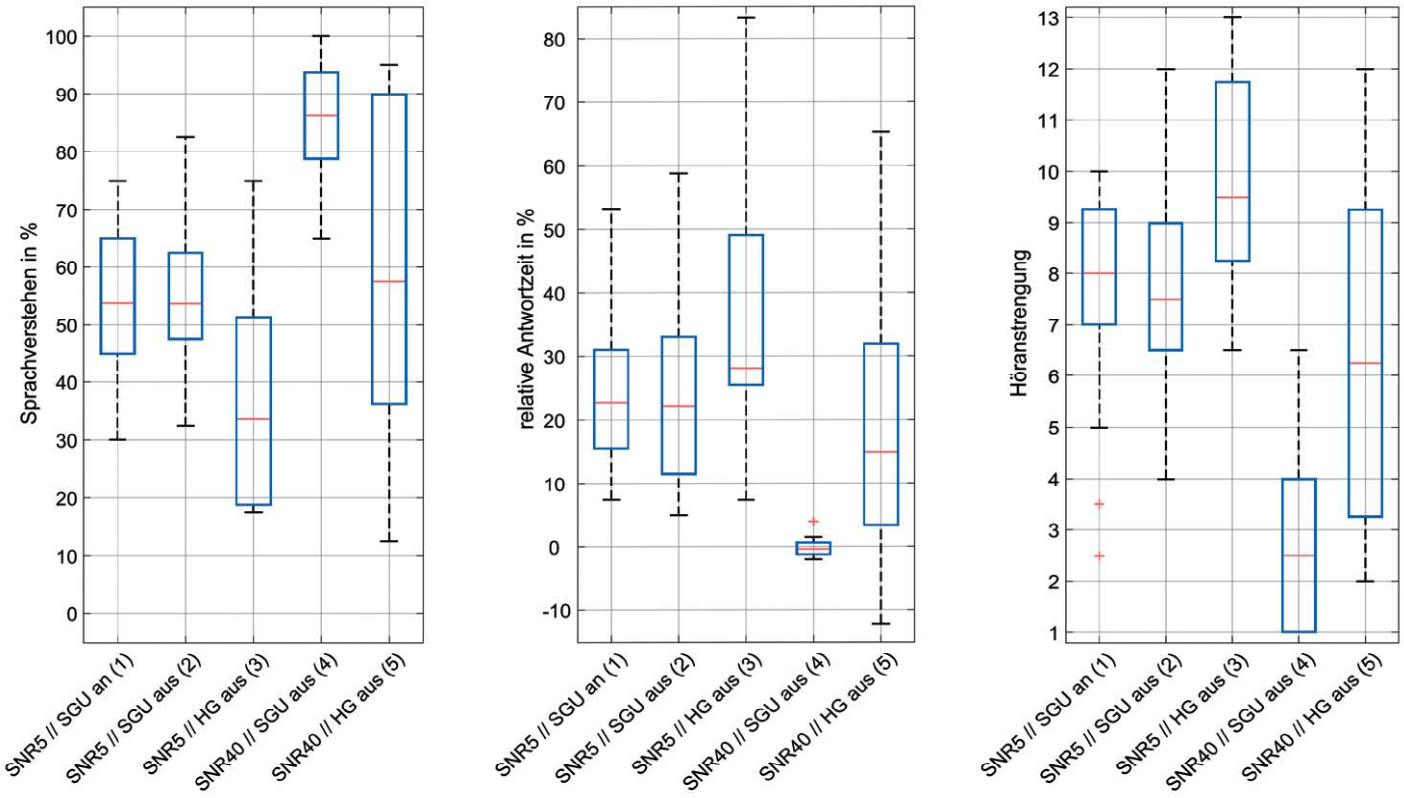


Abbildung 5: Gegenüberstellung der drei Erhebungen jeweils über die fünf Messbedingungen als Boxplots, Ausreißer sind mit + markiert. Links dargestellt ist das Sprachverstehen in Prozent, in der Mitte die relative Antwortzeit in Prozent und rechts die Höranstrengung der 13-stufigen Bewertungsskala.

In Abbildung 5 sind die einzelnen Erhebungen in Form von Boxplots über die fünf Bedingungen gegenübergestellt. Zunächst ist auffallend, dass die Daten jeder Erhebung hohe Streuungen aufweisen. Der Grund dafür liegt in einer großen Streuung der Probandenprofile. Die Audiogramme weisen trotz N3-Vorgabe unterschiedliche Verläufe und Schweregrade auf. Zudem variiert das Nutzungsverhalten der eigenen Hörsysteme, und auch das Alter ist als Streufaktor anzunehmen.

Beim Vergleich der einzelnen Erhebungen zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei der ersten Studie. In ruhiger Umgebung (Bedingung 4 und 5) ist das Sprachverstehen erhöht, die Antwortzeit und die subjektive Bewertung verringert. In geräuschbehafteter Umgebung (Bedingung 1, 2 und 3) ist eine Erleichterung durch Hinzunahme des Hörsystems zu sehen. Der paarweise Vergleich mittels T-Test zwischen den Bedingungen mit und ohne aktive SGU (Bedingung 1 und 2) weist in keiner der drei Erhebungen signifikante Unterschiede auf (Abbildung 5).

Zusammenfassung und Diskussion

Ziel dieses Beitrages war es, die Frage zu beantworten, ob der Freiburger Einsilbertest neben dem Sprachverstehen auch etwas über die Höranstrengung verraten kann. In der ersten Studie wurde das C2C-Verfahren als neue Methode zur Erfassung der Antwortzeiten evaluiert. Es bietet die Möglichkeit, die Antwortzeiten rein softwarebasiert und ohne zusätzliches Mikrofon oder veränderte Einweisung zu erfassen. Es zeigt sich, dass mit steigendem SNR beziehungsweise sinkendem Anspruch die Antwortzeit abnimmt. Dies bekräftigt, dass die Antwortzeit ein Mittel zur Bestimmung der Höranstrengung sein kann. Verglichen mit der subjektiven Bewertung ist die Korrelation zum Sprachverstehen geringer. Dies kann als Anzeichen dafür gedeutet werden, dass die Bestimmung der Antwortzeiten einen zusätzlichen Anteil an Informationen beinhaltet, welcher nicht schon durch das Sprachverstehen zur Verfügung steht.

In der zweiten Studie sollte überprüft werden, ob das Verfahren geeignet ist, um etwa den Nutzen einer Störgeräuschunterdrückung nachzuweisen. Weder in den Antwortzeiten noch im Sprachverstehen oder in der subjektiven Bewertung der Höranstrengung ließ sich ein Nutzen des Features nachweisen. Die Probanden wussten nicht, dass die SGU in einer Bedingung aktiv war. Verschiedene Ursachen können dem Ausbleiben eines nachweisbaren Nutzens zugrunde liegen:

1) Die Otoplastiken der Probanden verfügten überwiegend über große Zusatzbohrungen von mindestens 2 mm. Dadurch kann eine SGU nicht optimal wirken.

2) Die hier verwendete SGU stellt tatsächlich keinen Nutzen für die Probanden dar. Es gilt dabei jedoch zu berücksichtigen, dass die Einstellung der Hörsysteme als First Fit vorgenommen wurde. Eine zusätzliche Gewöhnungsphase mit den Hörsystemen könnte die Verwertung der nutzbaren Informationen aus dem Signal optimieren.

3) Das ausgewählte Probandenprofil profitiert nicht von einer SGU. Die Wahl fiel hier auf einen Hörverlust vom Typ N3. Es ist nicht auszuschließen, dass insbesondere mildere Hörverlusttypen eher einen Nutzen aus der SGU ziehen können. Auch Effekte des Alters können nicht ausgeschlossen werden.

Für eine Umsetzung in den Alltag des Hörakustikers bedarf es noch weiterer Untersuchungen. Die Test-Retest-Reliabilität und die Mindestzahl an Listen des FETs etwa für einen Hörsystemvergleich zwischen zwei Terminen müssen geprüft werden. Bei der Methode gilt es allgemein zu bedenken, dass der Anteil verwertbarer Antworten geringer wird, je anstrengender die Bedingung ist. Dies ist in der Praxis aber oft nicht von Bedeutung, da gerade in Situationen, in denen ein hohes Sprachverstehen auftritt, die zusätzliche Betrachtung der Höranstrengung von Interesse ist. Weiterhin interessant wären Untersuchungen, bei denen Probanden bewusst darauf hingewiesen werden, dass eine SGU aktiviert wird beziehungsweise dass die Antwortzeiten erfasst werden.

Literatur

Bernarding C, Strauss DJ, Hannemann R, Seidler H, Corona-Strauss FI (2017) Neurodynamic evaluation of hearing aid features using EEG correlates of listening effort. In: Cognitive Neurodynamics 1, S. 203–215

Fraser S, Gagné JP, Alepins M, Dubois P (2010) Evaluating the effort expended to understand speech in noise using a dual-task paradigm: The effects of providing visual speech cues. In: Journal of Speech Language and Hearing Research 53, S. 18–33

Gatehouse S, Gordon J (1990) Response times to speech stimuli as measures of benefit from amplification. In: British Journal of Audiology 24, S. 63–68

Houben R, van Doorn-Bierman M, Dreschler WA (2013) Using response time to speech as a measure for listening effort. In: International Journal of Audiology 52, S. 753–761

Hyönä J, Tommola J, Alaja A (1995) Pupil dilation as a measure of processing load in simultaneous interpretation and other language tasks. In: The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A 48, S. 598–612

Krüger M (2015) Entwicklung und Evaluation einer adaptiven Skalierungsmethode zur Ermittlung der subjektiven Höranstrengung. Masterarbeit, Universität Oldenburg

Ortmann M, Rählmann S, Schreitmüller S, Walger M, Meister H (2014) Untersuchung der Elektrodermalen Aktivität (EDA) als objektives Maß für die Höranstrengung. 17. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Audiologie

Sarampalis A, Kalluri S, Edwards B, Hafter E (2009) Objective measures of listening effort: Effects of background noise and noise reduction. In: Journal of Speech, Language and Hearing Research 52, S. 1230–1240

Zekveld AA, Kramer SE, Festen JM (2019) Pupil response as an indication of effortful listening: The influence of sentence intelligibility. In: Ear Hearing 31 (4), S. 480–490

Die Autoren

Foto: privat



Der gebürtige Düsseldorfer Stephan Müller absolvierte seine Ausbildung zum Hörakustiker von 2011 bis 2014 in der Hör Team GmbH in Düsseldorf. Nach abgeschlossener Gesellenprüfung 2014 zog er nach Lübeck, um hier das Bachelorstudium Hörakustik an der Fachhochschule Lübeck anzutreten. Dieses schloss er 2017 mit der Bachelorarbeit in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Hörgeräte Institut ab. Seit 2017 studiert er an der Universität zu Lübeck im Masterstudiengang Hörakustik und audiologische Technik und setzt das Thema seiner Bachelorarbeit als studentischer Mitarbeiter im Deutschen Hörgeräte Institut fort.

Foto: DHI



Der gebürtige Lübecker Hendrik Husstedt schloss 2007 den dualen Studiengang Elektrotechnik an der Berufsakademie Stuttgart ab und arbeitete parallel dazu im Bereich Security ICs bei der Infineon Technologies AG in München. Danach zog er nach Klagenfurt, Österreich, wo er 2009 den Dipl.-Ing. in Informationstechnik und 2012 den Dr. techn. im Fachbereich Mechatronik an der Alpen-Adria-Universität erlangte. Parallel dazu arbeitete er als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich Sensorik und Aktorik am Kompetenzzentrum Automobil- und Industrieelektronik in Villach und am Institut für Angewandte Mechatronik der Alpen-Adria-Universität in Klagenfurt. 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. 2014 trat Husstedt die Nachfolge von Reimer Rohweder beim Deutschen Hörgeräte Institut (DHI) in Lübeck an, wo er seit 2015 als Geschäftsführer tätig ist.

Anzeige

Jens Ulrich und Eckard Hoffmann

HÖRAKUSTIK – LERNEN + WISSEN

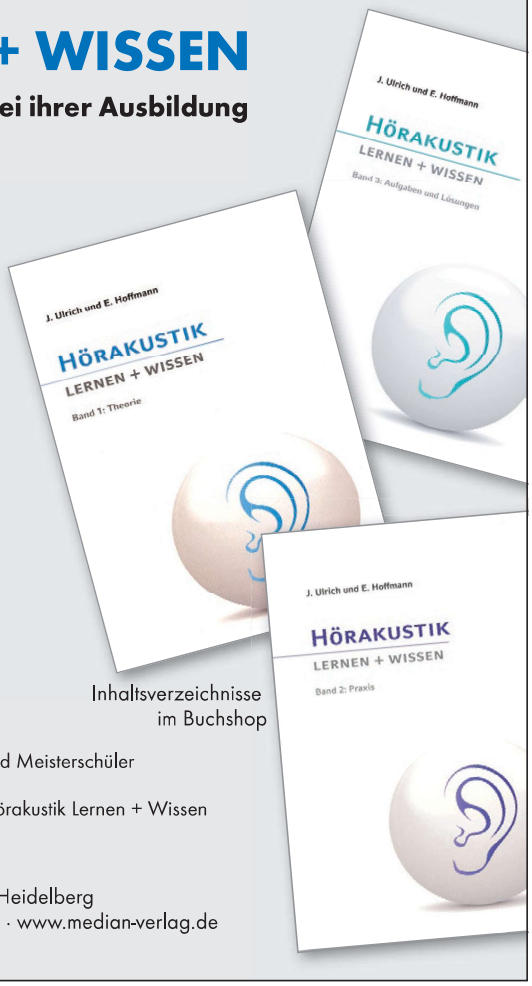
Drei eigenständige Bände, die Lehrlinge und Meisterschüler bei ihrer Ausbildung mit Wissen und Know-how optimal unterstützen:
Theorie • Praxis • Aufgaben und Lösungen

Band 1: Theorie
- Die theoretischen Grundlagen für Meister und Lehrlinge
- Lernoptimiert: „Gut zu wissen"-Kästen heben wichtige Inhalte hervor
- 12 Kapitel mit den relevanten theoretischen Grundlagen der Anatomie, Akustik, Psychoakustik, Audiometrie, Elektrotechnik, Chemie und Werkstoffkunde, Grundlagen der Psychologie, Fachkalkulation, Qualitätsmanagement bis hin zur Signalverarbeitung

2012 · 770 Seiten · gebunden · € 89,00 · Bestellnummer 49247

Band 2: Praxis (mit DVD)
- Praxisbezogene Kapitel mit über 100 Kurzfilmen auf DVD und weiteren Tonbeispielen
- Erläuterung der Hörgerätefunktionen mit Hinweisen zur Erklärung des Kundennutzens, technische Realisierung und messtechnische Erfassung
- Messtechnik mit den neuesten Messverfahren wie Perzentilanalyse und der Normmessung
- Ausführliche Darstellung der Anpassverfahren
- Umfangreiche Erklärungen zur Otoplastik und deren Herstellung (Meisterprüfung)
- Wertvolle Hinweise zur praktischen Durchführung von Hörsystemanpassungen
- Hervorhebung der wichtigsten Inhalte in den Kästen: „Gut zu wissen"

2012 · 16 Kapitel auf über 948 Seiten · gebunden · € 129,00 · Bestellnummer 49248



Inhaltsverzeichnisse im Buchshop

Band 3: Aufgaben und Lösungen
- Für eine optimale Prüfungsvorbereitung
- Über 1 000 Aufgaben mit Lösungen zu allen relevanten Themen der Hörakustik für Lehrlinge und Meisterschüler
- Unterschiedliche Aufgabentypen trainieren abwechslungsreich das notwendige Prüfungswissen
- Unterstützende Querverweise zu Hörakustik 2.0-Theorie und Praxis sowie Band 1 und 2 von Hörakustik Lernen + Wissen

2012 · 635 Seiten · gebunden · € 89,00 · Bestellnummer 49249

Median-Verlag von Killisch-Horn GmbH · Buchvertrieb · Postfach 10 39 64 · 69029 Heidelberg
Telefon 0 62 21/90 509-15 · Fax 0 62 21/90 509-20 · vertrieb@median-verlag.de · www.median-verlag.de