

Die adaptive Messung des Freiburger Einsilbertests im Störschall mit einer verringerten Anzahl an Testlisten

The adaptive use of the Freiburg mono-syllabic speech test in noise with a few number of test-lists




Autorinnen/Autoren

Tobias Memmeler^{1,2}, Rainer Schönweiler³, Peter Schlattmann⁴, Jan Löhler^{5, 6, 2} 

Institute

- 1 Klinik für HNO-Heilkunde, Universitätsklinikum Schleswig Holstein Campus Lubeck, Lubeck, Germany
- 2 HNO-Klinik, Sektion für Phoniatrie und Pädaudiologie, Universitätsklinikum Schleswig Holstein Campus Lubeck, Lubeck, Germany
- 3 Klinik für HNO-Heilkunde, Sektion für Phoniatrie und Pädaudiologie, Universitätsklinikum Schleswig Holstein Campus Lubeck, Lubeck, Germany
- 4 Institut für Medizinische Statistik, Informatik und Dokumentation, Jena, Universitätskrankenhaus, Jena, Germany
- 5 Wissenschaftliches Institut für angewandte HNO-Heilkunde, Deutscher Berufsverband der HNO-Ärzte e. V., Bad Bramstedt, Germany
- 6 HNO-Klinik, Sektion für HNO-Heilkunde, Universitätsklinikum Schleswig Holstein Campus Lubeck, Lubeck, Germany

Schlüsselwörter

Sprachaudiometrie, Freiburger Einsilbertest, Oldenburger Satztest, Sprachverstehenstest, adaptive Messung, Sprachaudiometrie im Störgeräusch, Freiburger Einsilbertest im Störgeräusch, speech audiometry, Freiburg mono-syllabic speech-test, Oldenburg sentence test, speech discrimination test, speech discrimination test in noise, Freiburg mono-syllabic speech-test in noise

eingereicht 8.1.2023

akzeptiert nach Revision 4.12.2023

Bibliografie

Laryngo-Rhino-Otol 2024;1–8

DOI 10.1055/a-2235-0873

ISSN 0935-8943

© 2024. The Author(s).

This is an open access article published by Thieme under the terms of the Creative Commons Attribution-NonDerivative-NonCommercial-License, permitting copying and reproduction so long as the original work is given appropriate credit. Contents may not be used for commercial purposes, or adapted, remixed, transformed or built upon. (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14,
70469 Stuttgart, Germany

Korrespondenzadresse

Prof. Jan Löhler
Wissenschaftliches Institut für angewandte HNO-Heilkunde,
Deutscher Berufsverband der HNO-Ärzte e. V., Bad
Bramstedt, Germany
loehler@hno-aerzte.de

ZUSAMMENFASSUNG

Hintergrund Berücksichtigt man die unterschiedliche Kalibrierung und Verdeckung des Störschalls, waren der adaptive Freiburger Einsilbertest im Störschall (aFBE-S) und der Oldenburger Satztest im Störschall (OLSA-S) bezüglich der Genauigkeit beider Tests in einer vorherigen Untersuchung vergleichbar. Allerdings war der Zeitbedarf des aFBE-S durch die adaptive Messweise größer als beim OLSA-S. In dieser Studie soll theoretisch ermittelt werden, ob der aFBE-S auch mit weniger Testlisten angewendet werden kann; die Ergebnisse werden mit denen des OLSA-S verglichen.

Methoden Anhand der Ergebnisse von 40 otologisch gesunden Probanden, welche bereits in randomisierter Reihenfolge mit dem OLSA-S und aFBE-S getestet wurden, erfolgte der Vergleich der Mittelwertdifferenzen der 95 %-Konfidenzintervalle für eine bestimmte Anzahl an Testlisten des aFBE-S und des OLSA-S. Der mittlere Signal-Rausch-Abstand für das 50 %-Sprachverstehen (S/N50) des aFBE-S wurde für 3, 4 und 5 anstatt 7,5 Testlisten berechnet. Zudem wurde der Zeitbedarf für die verringerte Anzahl an Testlisten ermittelt und die Ergebnisse im Vergleich mit denen des OLSA-S untersucht.

Ergebnisse Es konnte jeweils kein signifikanter Unterschied der Mittelwertdifferenzen der Konfidenzintervalle zwischen den S/N50 des originalen aFBE-S, des auf 3, 4 oder 5 Testlisten verkürzten aFBE-S und des OLSA-S nachgewiesen werden. Der Zeitbedarf des verkürzten aFBE-S war jeweils signifikant geringer als für den OLSA-S.

Schlussfolgerung Der aFBE-S ist theoretisch auch mit einer verringerten Anzahl an Testlisten möglich und dem OLSA-S dabei nicht unterlegen. Dadurch ließe sich der verkürzte aFBE-S bis zu 5-mal anwenden, ohne dass sich die Testlisten wiederholen. Es bedarf jedoch einer praktischen Überprüfung der berechneten Ergebnisse.

ABSTRACT

Background Considering the different calibration and masking of the noise, the adaptive Freiburg monosyllabic speech test in noise (aFBE-S) and the Oldenburg sentence test in noise (OLSA-S) were shown to be comparable with respect to the accuracy of both tests in a previous study. However, the time requirement of the aFBE-S was significantly greater than that of the OLSA-S due to the adaptive measurement method. The purpose of this study is to theoretically determine whether the aFBE-S can be used with fewer test lists, given the low scatter of results, and to compare the results with those of the OLSA-S.

Methods Using the results of 40 otologically healthy subjects who had already been tested in randomized order with the OLSA-S and aFBE-S, the mean difference of the 95 % confi-

dence interval (95 % CI) of the signal-to-noise ratio for 50 % speech understanding (S/N50) of the aFBE-S was calculated for three, four, and five test lists instead of 7.5. In addition, the time required for the reduced number of test lists was determined and the results were examined in comparison with those of the OLSA-S.

Results In each case, no significant difference between the difference mean of the 95 %-CI of the S/N50 of the original aFBE-S, the aFBE-S shortened to 3, 4, or 5 test lists and the OLSA-S could be found. The time required for the aFBE-S with a reduced number of test lists was significantly less than for the OLSA-S in each case.

Conclusion The aFBE-S is not inferior with a reduced number of test lists in comparison to the OLSA-S. This would allow to use the shortened aFBE-S theoretically.

Hintergrund

Als Voraussetzung für eine Hörgeräteversorgung wird in der Hilfsmittel-Richtlinie (Hilfsm-RL) neben einer tonaudiometrischen Überprüfung die Anwendung des Freiburger Einsilbertests ohne Störschall (FBE) gefordert [1, 2]. Dieser zeichnet sich durch seine weite Verbreitung und durch die einfache sowie schnelle Durchführbarkeit aus. Zur Überprüfung der Hörgeräteversorgung werden neben dem FBE, sofern audiologisch möglich, auch der Freiburger Einsilbertest im Störschall (FBE-S) [3, 4] und zusätzlich der Oldenburger Satztest (OLSA-S) oder der Göttinger Satztest (GÖSA) im sprachsimulierenden Störschall im Rahmen einer adaptiven Messung genannt [2]. Eine kritische Überprüfung des FBE zeigte, dass 4 Testlisten nicht perzeptiv äquivalent sind und deshalb nicht mehr angewendet werden sollten [5]. Dadurch verringert sich die Anzahl der möglichen Testlisten des FBE auf 16. Im Rahmen weiterer Untersuchungen wurden vergleichende Untersuchungen zwischen dem FBE und Satztests wie dem Oldenburger Satztest im Störschall (OLSA-S) oder dem Göttinger Satztest (GÖSA) durchgeführt [6, 7]. Aufgrund der adaptiven Messweise des OLSA-S war ein Vergleich mit dem bisher nur absolut das prozentuale Verständnis messenden FBE im Störschall nicht möglich [8]. Kürzlich wurde eine adaptive Messweise des FBE-S vorgeschlagen (aFBE-S), welche auf dem Algorithmus des OLSA-S beruht [8]. Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Kalibrierungen und der daraus resultierenden Verdeckungseigenschaften des beim aFBE-S eingesetzten CCITT-Rauschens (Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique) [9] im Vergleich zum sprachsimulierenden Störschall des OLSA-S konnte gezeigt werden, dass die Genauigkeit beider Tests vergleichbar ist [10, 11, 12]. Bedingt durch die Verwendung von 7,5 Testlisten bei der adaptiven Messweise war der Zeitbedarf für die Durchführung des aFBE-S jedoch signifikant größer als beim OLSA-S [8]. Vor dem Hintergrund der in der Untersuchung geringen Streuung der Ergebnisse des aFBE-S wurde diskutiert, dass eine reduzierte Anzahl an Testlisten den Zeitbedarf des aFBE-S vermindern könnte [8].

Mit dieser Arbeit soll theoretisch im Sinne einer Nichtunterlegenheitsstudie untersucht werden, ob eine verringerte Anzahl an Einsilbern beim aFBE-S zur Bestimmung des Signal-Rausch-Abstandes für das 50 %-Sprachverstehen ausreichen könnte. Verglichen werden sollen die deduktiv gewonnenen Ergebnisse 1) eines solchen verkürzten, mit einer geringeren Anzahl an Testwörtern durchgeführten aFBE-S und 2) des aFBE-S mit seinen ursprünglichen 7,5 Testlisten sowohl miteinander als auch 3) mit den bereits ermittelten Ergebnissen des OLSA-S unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Kalibrierungen und Verdeckungseigenschaften des bei beiden Tests verwendeten Störschalls. Zudem soll der Zeitbedarf für den verkürzten aFBE-S aus den bereits ermittelten Ergebnissen berechnet und mit der Messdauer des OLSA-S verglichen werden. Diese theoretisch ermittelten Werte könnten anschließend in einer weiteren Studie überprüft werden.

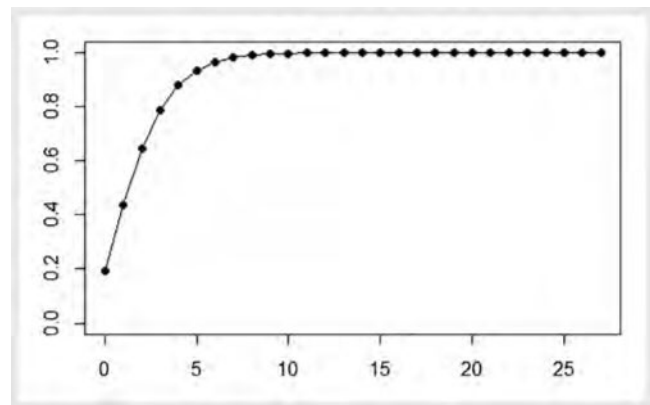
Methoden

Die Daten dieser Studie basieren auf den Daten der bereits veröffentlichten Untersuchung der adaptiven Messung des FBE-S im Vergleich mit dem OLSA-S [8], in der 40 normalhörende Probanden (25 weiblich, 15 männlich) im Alter zwischen 18 und 25 Jahren (Mittelwert: $22,0 \pm 1,9$ Jahre) in der Sektion für Phoniatrie und Pädaudiologie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein, Campus Lübeck nach schriftlichem Einverständnis teilnahmen. Als Einschlusskriterien galten damals neben dem Alter Deutsch als Muttersprache und ein beidseitiges normales Hörvermögen. Zur Überprüfung des Hörvermögens erfolgte nach ausführlicher Anamnese über Erkrankungen der Ohren, Lärmexposition oder die Einnahme ototoxischer Medikamente eine tonaudiometrische Messung mit einem DT-48-Kopfhörer (Fa. beyerdynamic GmbH & Co. KG, Heilbronn, Baden-Württemberg, Deutschland). In der Reintonaudiometrie betrug der Hörverlust für die Luftleitung für jede Prüffrequenz zwischen 0,125 und 8 kHz, beidseits maximal 10 dB HL. Im Anschluss erfolgte in demselben nach DIN-Norm schallarmen Raum [13, 14, 15, 16] die sprachaudiometrische Messung des OLSA-S und des aFBE-S in randomisierter Reihenfol-

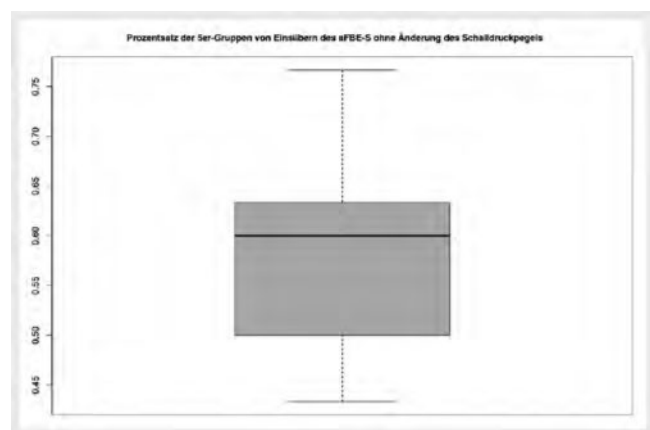
ge. Dabei wurde darauf geachtet, dass die beiden Sprachverstehenstests gleich häufig als erstes durchgeführt wurden, sodass insgesamt nach den тонаudiometrischen Messungen 20-mal der OLSA-S oder der aFBE-S als erster Sprachverstehenstest erfolgte.

Vor Durchführung der Messungen wurden für den aFBE-S und den OLSA-S einheitliche Instruktionen gegeben, wie sie im Handbuch des OLSA auf einer Audio-CD beschrieben sind [17]. Zur Durchführung der Messungen kam ein nach DIN-Norm kalibrierter klinischer Audiometer AT900 (Fa. Auritec Medizinische GmbH, Hamburg, Deutschland) zur Anwendung [13, 14, 15, 16]. Für die Messung des aFBE-S war ein zusätzlicher PC notwendig, da die Berechnung der Pegeländerungen in einer Excel-Tabelle (Fa. Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA) erfolgte. Die Überprüfung des Sprachverstehens erfolgte in einer binauralen Freifeldmessung, in welcher die Testlisten des aFBE-S und des OLSA-S sowie der Störschall von frontal den Probanden dargeboten wurden (SONO-Situation). Die Präsentation des Störschalls erfolgte kontinuierlich und mit einem festen Störpegel von 65 dB SPL. Beim aFBE-S handelte es sich um das CCITT-Rauschen, beim OLSA-S wurde ein aus dem Sprachmaterial generiertes Rauschen als Störschall verwendet. Während der Sprachverstehenstests sollten die Probanden eine aufrecht sitzende Position einnehmen und vermeiden, sich den Lautsprechern zu nähern oder den Kopf zu diesen zu wenden. Die Dauer der Testdurchführung wurde für die Probanden nicht sichtbar dokumentiert, um das Antwortverhalten nicht durch Zeitdruck zu beeinflussen. Die Messung des Zeitbedarfs des OLSA-S unterschied sich vom aFBE-S dadurch, dass für den OLSA-S, im Gegensatz zum aFBE-S, eine Trainingsliste mit anschließender Testliste notwendig war.

Beim Vergleich des aFBE-S und des OLSA-S [8] wurde der adaptive Algorithmus des OLSA-S zur adaptiven Sprachpegeländerung des FBE-S übernommen [18]. Durch Pegeländerungen des Sprachschallpegels abhängig von der Anzahl der richtig nachgesprochenen Wörter wurde das 50 %-Sprachverstehen bei konstantem Störschall bestimmt. Eine Messung eines Sprachschallpegels erfolgte beim OLSA-S nach Darbietung eines Satzes bestehend aus 5 Wörtern und beim aFBE-S jeweils nach einer 5er-Gruppe von Einsilbern der jeweiligen Testliste. Die Testlisten 5, 11, 12 und 15 des FBE kamen aufgrund der fehlenden perzeptiven Äquivalenz der Listen bei Messungen ohne Störschall nicht zur Anwendung [5]. Die Änderung des Sprachschallpegels erfolgte bei den ersten 5 5er-Gruppen oder den ersten 5 Sätzen beim OLSA-S in größeren Schritten und wurde im Verlauf kleiner. Bei 2 oder 3 richtigen nachgesprochenen Testwörtern wurde keine Pegeländerung mehr durchgeführt und der vorherige Sprachschallpegel übernommen. Im Verlauf des aFBE-S näherten sich die Sprachschallpegel durch die Pegeländerungen dem Sprachverstehen von 50 % an, sodass zum Ende des aFBE-S idealerweise keine Änderung der Sprachschallpegel mehr vorgenommen werden musste. Der 31. Sprachschallpegel wurde nicht gemessen, sondern entsprach dem 30. gemessenen Sprachschallpegel. Zur Berechnung des Signal-Rausch-Abstandes für das 50 %-Sprachverstehen wurde das arithmetische Mittel aus den letzten 20 von insgesamt 31 Sprachschallpegeln, also 64,5 % aller Sprachschallpegel, gebildet und der konstante Störschallpegel von 65 dB vom Ergebnis subtrahiert.



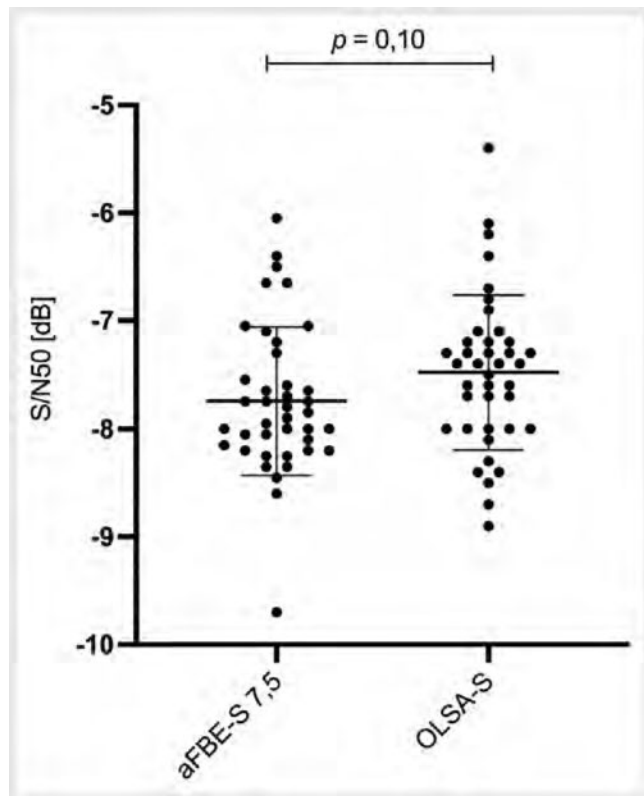
► **Abb. 1** Die Wahrscheinlichkeit (Ordinate) für 3 aufeinanderfolgende 5er-Gruppen von Einsilbern des aFBE-S ohne weitere Änderung des Sprachschallpegels zur Bestimmung des Signal-Rausch-Abstandes des 50 %-Sprachverstehens nach einer bestimmten Anzahl von 5er-Gruppen (Abszisse). Nach höchstens 11 5er-Gruppen ist $p = 0,99$.



► **Abb. 2** Prozentsatz der 5er-Gruppen von Einsilbern des aFBE-S ohne Änderungen des Schalldruckpegels.

Statistische Analyse

Die Anzahl der für eine hinreichende Genauigkeit notwendigen Testlisten des aFBE-S wurde mittels einer negativen Binomialverteilung bestimmt (► **Abb. 1**). Hierzu wurde die Anzahl der 5er-Gruppen von Einsilbern des aFBE-S ohne Änderung der Sprachschallpegel ermittelt. Dabei sollten mindestens 2 aufeinanderfolgende 5er-Gruppen von Einsilbern denselben Sprachschallpegel aufweisen. Wurde eine Folge von identischen Sprachschallpegeln unterbrochen, so wurde die Berechnung der Anzahl der 5er-Gruppen ohne Änderung des Sprachschallpegels erst wieder fortgesetzt, wenn mindestens 2 aufeinanderfolgende 5er-Gruppen von Einsilbern denselben Sprachschallpegel aufwiesen. Der Prozentsatz der 5er-Gruppen von Einsilbern des aFBE-S ohne Änderung der Sprachschallpegel wurde als Box-Whisker-Plot unter Angabe des Medians dargestellt (► **Abb. 2**), der Median wurde als Erfolgswahrscheinlichkeit für die negative Binomialverteilung verwendet.

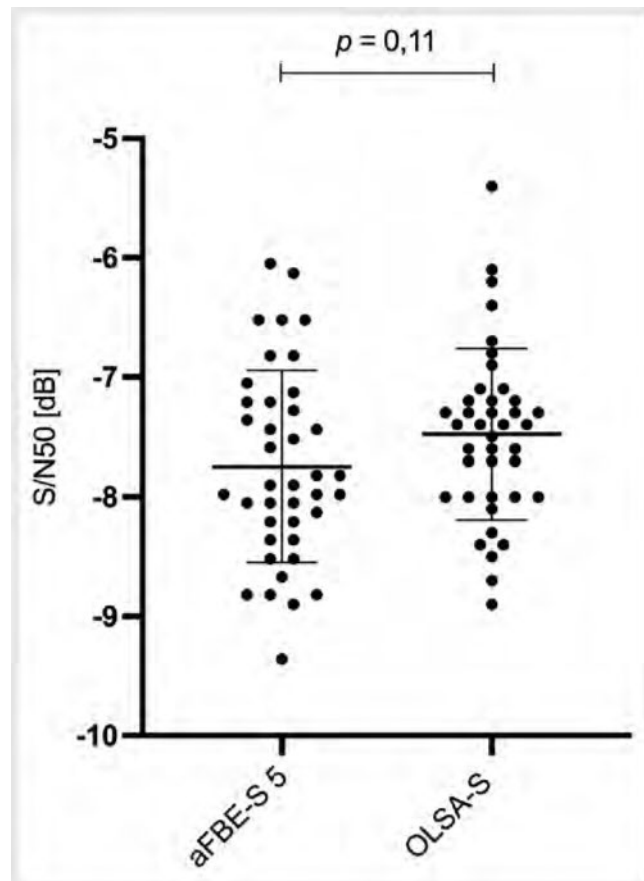


► **Abb. 3** Vergleich der Signal-Rausch-Abstände für das 50%-Sprachverstehen in Dezibel (S/N50 [dB]) unter Angabe des Mittelwertes und der Standardabweichung zwischen dem adaptiven Freiburger Einsilbertest im Störschall mit 7,5 Listen (aFBE-S 7,5) und dem Oldenburger Satztest im Störschall (OLSA-S).

Unter Berücksichtigung dieser Erfolgswahrscheinlichkeit wurden die 95%-Konfidenzintervalle der Differenzen beider Messmethoden für eine vorgegebene Anzahl von Erfolgen auf Basis der negativen Binomialverteilung berechnet und die Mittelwertdifferenzen beider sprachaudiometrischen Untersuchungsmethoden auf etwaige Unterschiede untersucht. Als vorgegebene Erfolge wurden dabei 3 5er-Gruppen des aFBE-S ohne Änderung des Sprachschallpegels definiert. Aus praktischen Gründen wurde darauf geachtet, bereits begonnene Testlisten des FBE vollständig zu berücksichtigen. Dadurch kamen nicht 11, sondern 12 5er-Gruppen und somit 3 vollständige Testlisten mit jeweils 20 Einsilbern zur Anwendung. Darüber hinaus wurden die Ergebnisse und der Zeitbedarf für 4 und 5 Testlisten des aFBE-S berechnet.

Die Berechnung des Signal-Rausch-Abstandes für das 50%-Sprachverstehen wurde der ermittelten verringerten Anzahl der Testlisten angepasst. Hierbei wurde darauf geachtet, dass analog zum OLSA-S oder aFBE-S die letzten 64,5% aller Sprachschallpegel zur Berechnung des Signal-Rausch-Abstandes verwendet wurden. Zum Vergleich der Mittelwertdifferenzen der 95%Konfidenzintervalle der Messergebnisse des verkürzten aFBE-S und des bisherigen aFBE-S mit dem OLSA-S wurde jeweils der gepaarte t-Test durchgeführt.

Aus den bereits ermittelten Ergebnissen des aFBE-S mit 7,5 Listen wurde der Zeitbedarf für den aFBE-S mit einer verringerten Anzahl an Testlisten mittels eines Dreisatzes berechnet. Zum Ver-



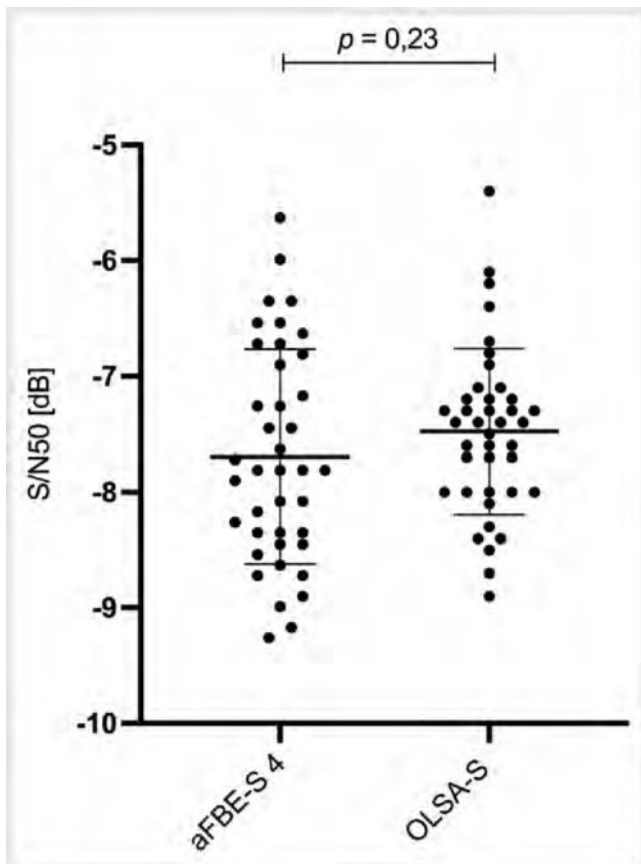
► **Abb. 4** Vergleich der Signal-Rausch-Abstände für das 50%-Sprachverstehen in Dezibel (S/N50 [dB]) unter Angabe des Mittelwertes und der Standardabweichung zwischen dem auf 5 Listen verkürzten adaptiven Freiburger Einsilbertest im Störschall (aFBE-S 5) und dem Oldenburger Satztest im Störschall (OLSA-S).

gleich der Messdauer für den verkürzten aFBE-S mit der bereits ermittelten Dauer des OLSA-S wurde ebenfalls der gepaarte t-Test angewendet. Bei den angewendeten statistischen Tests galt ein $p \leq 0,05$ als signifikant. Die Ergebnisse wurden als Streudiagramme unter Angabe der Mittelwerte mit Standardabweichung dargestellt. Zur statistischen Auswertung der bereits erhobenen Daten und Erstellung der Abbildungen wurden die Softwares GraphPad Prism 9.2.0 (Fa. GraphPad Software Inc., San Diego, Kalifornien, USA) und R (The R Foundation for Statistical Computing, Wien, Österreich) verwendet.

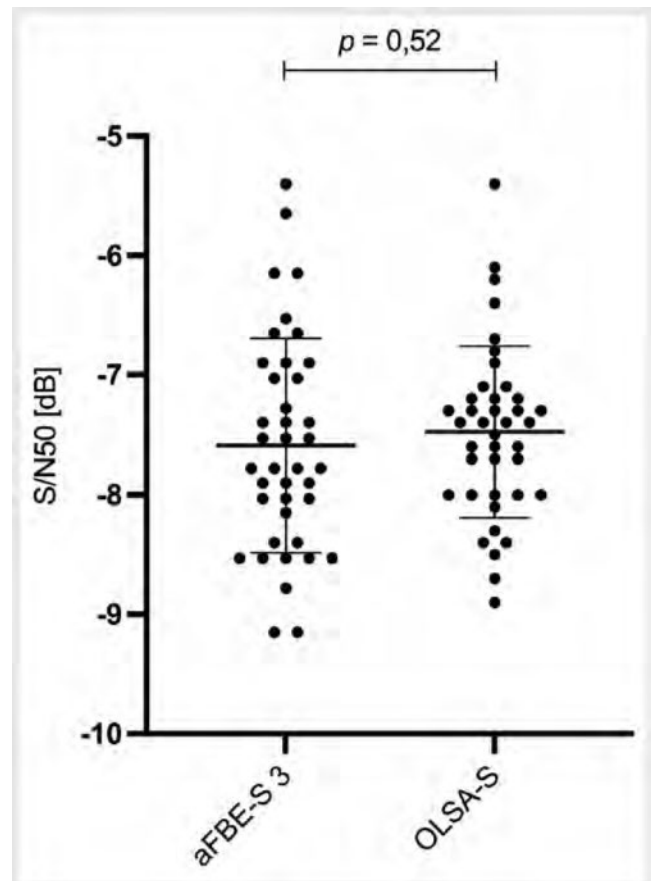
Ergebnisse

Prozentsatz der 5er-Gruppen von Einsilbern ohne Änderung des Schalldruckpegels

Die Wahrscheinlichkeit für 3 aufeinanderfolgende Versuche ohne Änderung des Schalldruckpegels zur Bestimmung des Signal-Rausch-Abstandes für das 50%-Sprachverstehen in Abhängigkeit von der Anzahl der 5er-Gruppen von Einsilbern des aFBE-S ist in ► **Abb. 1** dargestellt. Nach höchstens 11 5er-Gruppen ergibt sich eine Wahrscheinlichkeit von 99% für 3 aufeinanderfolgende Ver-



► **Abb. 5** Vergleich der Signal-Rausch-Abstände für das 50 %-Sprachverstehen in Dezibel (S/N50 [dB]) unter Angabe des Mittelwertes und der Standardabweichung zwischen dem verkürzten adaptiven Freiburger Einsilbertest im Störschall mit 4 Listen (aFBE-S 4) und dem Oldenburger Satztest im Störschall (OLSA-S).



► **Abb. 6** Vergleich der Signal-Rausch-Abstände für das 50 %-Sprachverstehen in Dezibel (S/N50 [dB]) unter Angabe des Mittelwertes und der Standardabweichung zwischen dem auf 3 Listen verkürzten adaptiven Freiburger Einsilbertest im Störschall (aFBE-S 3) und dem Oldenburger Satztest im Störschall (OLSA-S).

suche ohne Änderung des Schalldruckpegels zur Bestimmung des Signal-Rausch-Abstandes des 50 %-Sprachverstehens. Der Berechnung liegt der mediane Prozentsatz von 57,8 % der 5er-Gruppen von Einsilbern ohne Änderung des Schalldruckpegels zugrunde.

Signal-Rausch-Abstände für das 50 %-Sprachverstehen bei unterschiedlicher Anzahl von Listen

Der mittlere Signal-Rausch-Abstand für das 50 %-Sprachverstehen des aFBE-S mit 7,5 Listen war mit $-7,74 \pm 0,69$ dB kleiner als bei Anwendung des OLSA-S mit $-7,48 \pm 0,72$ dB (► **Abb. 3**). Der kleinste S/N50 des aFBE-S betrug $-9,7$ dB, während es beim OLSA-S $-8,9$ dB waren. Die größten S/N50 waren beim aFBE-S $-6,1$ dB und beim OLSA-S $-5,4$ dB. Die Mittelwertdifferenz betrug $0,27$ (Konfidenzintervall (KI) $-0,05$ – $0,59$). Es konnte kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden ($t = 1,68$; $p = 0,10$).

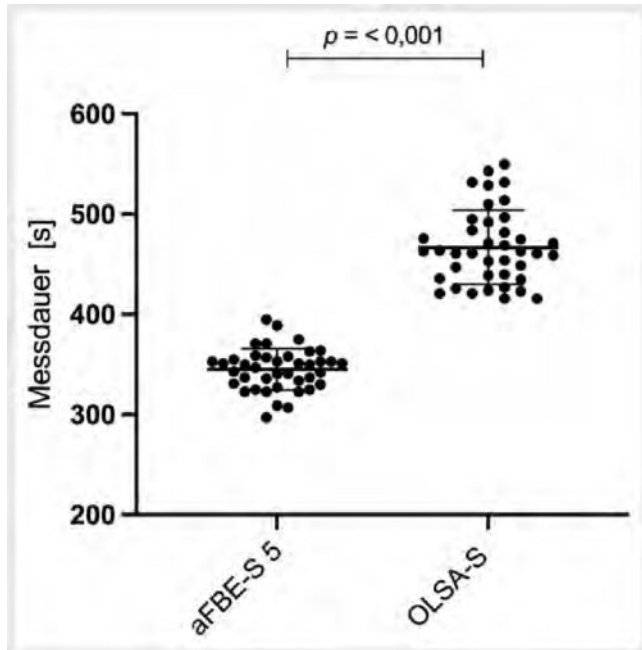
Der mittlere S/N50 des auf 5 Testlisten verkürzten aFBE-S (aFBE-S 5) war mit $-7,75 \pm 0,80$ dB kleiner als bei Anwendung des OLSA-S (► **Abb. 4**). Der minimale S/N50 des aFBE-S 5 betrug $-9,4$ dB, der maximale S/N50 des aFBE-S 5 war $-6,1$ dB. Die Mittelwertdifferenz betrug $0,27$ dB (KI $-0,07$ – $0,60$). Im Vergleich zu den Ergebnissen des OLSA-S konnte kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden ($t = 1,62$; $p = 0,11$).

Der mittlere S/N50 des verkürzten aFBE-S mit 4 Testlisten (aFBE-S 4) war mit $-7,69 \pm 0,93$ dB kleiner als bei Anwendung des OLSA-S (► **Abb. 5**). Der kleinste S/N50 des aFBE-S 4 betrug $-9,3$ dB, während der größte S/N50 des aFBE-S 4 mit $-5,6$ dB gemessen wurde. Die Mittelwertdifferenz betrug $0,22$ dB (KI $-0,14$ – $0,57$). Im Vergleich zu den Ergebnissen des OLSA-S konnte kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden ($t = 1,22$; $p = 0,23$).

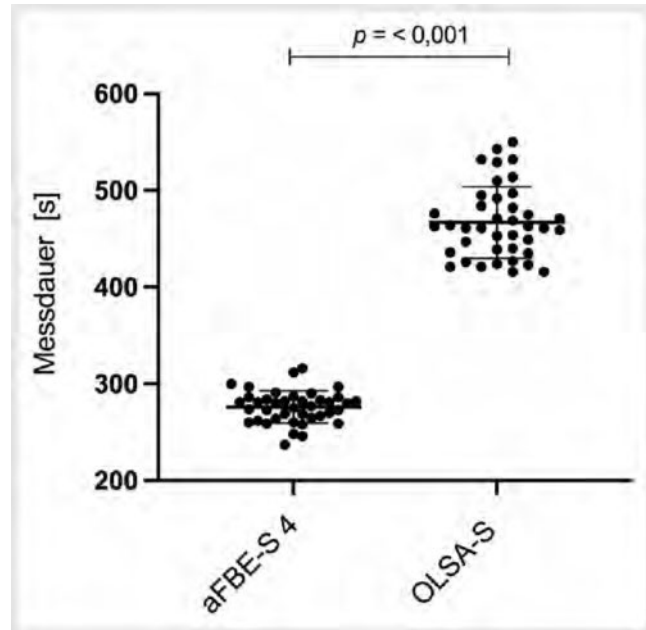
Der kleinste S/N50 des auf 3 Testlisten verkürzten aFBE-S (aFBE-S 3) betrug $-9,2$ dB, der größte S/N50 $-5,4$ dB (► **Abb. 6**). Der mittlere S/N50 des aFBE-S 3 war mit $-7,59 \pm 0,89$ dB kleiner als bei Anwendung des OLSA-S. Die Mittelwertdifferenz betrug $0,11$ dB (KI $-0,24$ – $0,46$). Es konnte kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden ($t = 0,65$; $p = 0,52$).

Zeitbedarf

Der berechnete Zeitbedarf des aFBE-S 5 betrug im Durchschnitt 345 ± 21 s (5 min 45 s ± 21 s). Die längste Messung wurde mit 395 s (6 min 35 s), die kürzeste mit 297 s (4 min 37 s) berechnet (► **Abb. 7**). Im Vergleich betrug die Dauer einer durchschnittlichen Messung des OLSA-S 467 ± 37 s (7 min 47 s ± 37 s). Die längste Messung des OLSA-S nahm 550 s (9 min 10 s) in Anspruch, während die kürzeste 416 s (6 min 56 s) dauerte. Es konnte ein sig-



► **Abb. 7** Vergleich des Zeitbedarfs in Sekunden unter Angabe des Mittelwertes und der Standardabweichung für die verkürzte adaptive Messung des Freiburger Einsilbertests im Störschall mit 5 Listen (aFBE-S 5) und den Oldenburger Satztest im Störschall (OLSA-S).



► **Abb. 8** Vergleich des Zeitbedarfs in Sekunden unter Angabe des Mittelwertes und der Standardabweichung für die verkürzte adaptive Messung des Freiburger Einsilbertests im Störschall mit 4 Listen (aFBE-S 4) und den Oldenburger Satztest im Störschall (OLSA-S).

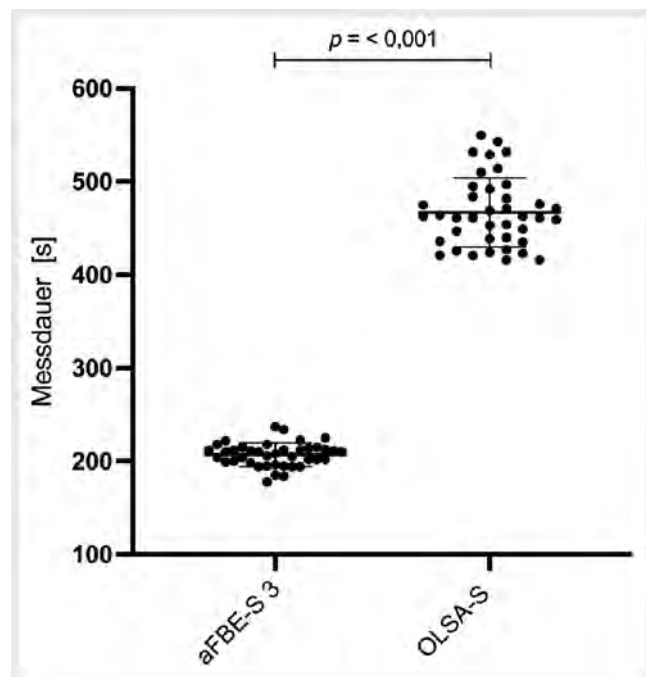
nifikanter Unterschied zwischen dem aFBE-S 5 und dem OLSA-S nachgewiesen werden ($t = 24,03$; $p < 0,001$).

Für die durchschnittliche Messung des aFBE-S 4 wurden 276 ± 17 s (4 min 36s \pm 17 s) berechnet (► **Abb. 8**). Die längste Messung betrug 316 s (5 min 16 s), während die kürzeste mit 237 s (3 min 57 s) berechnet wurde. Im Vergleich zur Messdauer des OLSA-S konnte ein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden ($t = 37,68$; $p < 0,001$).

Der berechnete Zeitbedarf des aFBE-S 3 betrug im Durchschnitt 207 ± 13 s (3 min 27s \pm 13 s). Für die längste Messung wurden 237 s (3 min 57 s) ermittelt, die kürzeste Messung wurde mit 178 s (2 min 58 s) berechnet (► **Abb. 9**). Es konnte im Vergleich zur Messdauer des OLSA-S ein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden ($t = 50,44$; $p < 0,001$).

Diskussion

In dieser Arbeit sollte im Sinne einer Nichtunterlegenheitsstudie theoretisch ermittelt werden, ob der Freiburger Einsilbertest im Störschall bei adaptiver Messung mit einer im Vergleich zur Originaluntersuchung verringerten Anzahl an Testlisten durchgeführt werden kann; die Ergebnisse sollten unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Kalibrierung und Verdeckung des verwendeten Störschalls mit denen des OLSA-S verglichen werden. Zudem wurde mithilfe des bereits ermittelten Zeitbedarfs für die Anwendung des aFBE-S mit 7,5 Listen die Messdauer für eine verringerte Anzahl von Testlisten berechnet; die Ergebnisse wurden mit dem Zeitbedarf für den OLSA-S verglichen.



► **Abb. 9** Vergleich des Zeitbedarfs in Sekunden unter Angabe des Mittelwertes und der Standardabweichung für die verkürzte adaptive Messung des Freiburger Einsilbertests im Störschall mit 3 Listen (aFBE-S 3) und den Oldenburger Satztest im Störschall (OLSA-S).

Vergleich der Ergebnisse

Im Vergleich zur ursprünglich publizierten Methode des originalen aFBE-S mit 7,5 Testlisten [8] zeigte der berechnete mittlere Signal-Rausch-Abstand für das 50 %-Sprachverstehen des verkürzten aFBE-S mit 3, 4 und 5 Testlisten jeweils eine größere Streuung. Dabei wies der mittlere S/N50 des aFBE-S 5 im Vergleich zum bisherigen aFBE-S mit 7,5 Listen die geringste Differenz auf. Im Vergleich zu den Ergebnissen des OLSA-S [8] überlappten die 95 %-Konfidenzintervalle der Mittelwertdifferenz des OLSA-S und des verkürzten aFBE-S fast vollständig, sodass kein relevanter Unterschied zwischen den Ergebnissen des OLSA-S und des verkürzten aFBE-S anzunehmen ist. Da die S/N50 des aFBE-S mit 3, 4 oder 5 Testlisten rechnerisch ermittelt wurden, bedarf es jedoch einer praktischen Überprüfung der Ergebnisse.

Damit unterscheiden sich die Ergebnisse dieser Studie von denen eines kürzlich veröffentlichten Vergleichs des FBE mit 4 weiteren Sprachverstehentests im originalen Störschall und in einem aus dem jeweiligen Sprachmaterial neu generierten Störschall [19]. Dabei wurde der FBE unter anderem mit dem OLSA verglichen. Sowohl bei Anwendung des originalen Störschalls unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Kalibrierung und Verdeckung als auch unter Verwendung eines aus dem Sprachmaterial neu generierten Störschalls zeigten der OLSA und FBE im Gegensatz zu dieser Studie einen signifikanten Unterschied [19].

Eine mögliche Ursache der konträren Ergebnisse könnte die unterschiedliche Messweise der Sprachverstehentests sein. Während in dieser Studie der auf dem OLSA basierende Algorithmus zur adaptiven Messung des 50 %-Sprachverstehens angewendet wurde, wurde beim Vergleich des FBE mit 4 weiteren Sprachverstehentests [19] der OLSA mit 3 festen Signal-Rausch-Abständen durchgeführt. Anhand dieser Ergebnisse wurden die Diskriminationsfunktion sowie das 50 %-Sprachverstehen des OLSA berechnet [19]. Damit ist der OLSA in der genannten Publikation nicht wie in unserer Studie (und i. d. R. auch sonst in der Praxis) adaptiv gemessen worden. Im Gegensatz zu den 4 weiteren Sprachverstehentests unterschieden sich die Ergebnisse des FBE im Standardstörschall sowie in einem neu generierten sprachsimulierenden Störschall nicht signifikant [19], während beispielsweise die S/N50 des OLSA im originalen Störschall und in einem aus dem Sprachmaterial neu generierten Störschall einen signifikanten Unterschied aufwies. Als Ursache wurden Unterschiede im Störschall, eine langsamere Sprechrates, ein begrenztes Sprachmaterial oder eine unterschiedliche Messweise in Form einer geschlossenen oder offenen Durchführung genannt [19].

Verringerte Anzahl an Testlisten

Aufgrund des vorsorglichen Ausschlusses der bei Anwendung des FBE ohne Störschall nicht perceptiv äquivalenten Testlisten 5, 11, 12 und 15 [5] kann der aFBE-S mit 7,5 Testlisten nur 2-malig angewendet werden, ohne dass sich die Testlisten wiederholen. Durch die verringerte Anzahl an Testlisten wäre nun eine bis zu 5-malige Anwendung des aFBE-S ohne eine Wiederholung von Testlisten möglich. Da die perceptiv Äquivalenz der Testlisten des FBE bisher noch nicht im Störschall untersucht wurde, kann sich möglicherweise die Anzahl der Testlisten künftig noch verändern. Wei-

terhin hat jedoch der OLSA-S trotz der Notwendigkeit einer Übungsliste ein größeres Repertoire an Testlisten.

Analog zum aFBE-S mit 7,5 Testlisten und dem OLSA-S wurden auch beim aFBE-S mit einer verringerten Anzahl an Testlisten die letzten 64,5 % der ermittelten Sprachschallpegel zur Berechnung des S/N50 einbezogen. Bei Anwendung von beispielsweise 3 Testlisten oder 12 5er-Gruppen entspräche dies aufgerundet den letzten 8 ermittelten Sprachschallpegeln, also den Sprachschallpegeln 5–12. Da jedoch der gemeinsame Algorithmus des aFBE-S und des OLSA-S eine Wiederholung des zuletzt gemessenen Sprachschallpegels vorsieht, würden bei 3 Testlisten oder 12 5er-Gruppen theoretisch 13 Sprachschallpegel gemessen werden. Damit entsprechen 64,5 % der letzten Sprachschallpegel den Sprachschallpegeln 6–13. Dabei zeigt sich, dass eine weitere Reduktion der Testlisten des aFBE-S nicht möglich ist, da der auf dem OLSA-S basierende Algorithmus die ersten 5 Sprachschallpegel mit größeren Pegeländerungen nur zur Eingewöhnung und nicht zur Berechnung des S/N50 vorsieht.

Wie in ► **Abb. 1** zu sehen, wären unter der Annahme von 3 5er-Gruppen ohne Änderung des Sprachschallpegels sogar nur 11 5er-Gruppen bzw. Sprachschallpegel, also keine 3 vollständigen Testlisten des aFBE-S, möglich ($p = 0,99$ ab 11 5er-Gruppen). Dabei entsprächen 64,5 % von 11 Sprachschallpegeln aufgerundet den letzten 7 Messungen, also unter Berücksichtigung der Wiederholung des letzten Sprachschallpegels den Sprachschallpegeln 6–12. Basierend auf den Erfahrungen der vorherigen Studie des aFBE-S mit 7,5 Testlisten (also 150 Testwörter wie der OLSA-S) [8], wurden jedoch aus praktischen Gründen die Testlisten des FBE nicht weiter unterteilt und 12 5er-Gruppen, also 3 vollständige Testlisten, angewendet. Daher sind 3 Testlisten des aFBE-S als absolutes Minimum anzusehen.

Grundsätzlich zeigt sich also bei der Analyse der resultierenden 95 %-Konfidenzintervalle, dass der aFBE-S mit der beschriebenen Methode dem OLSA-S im Hinblick auf seine Messgenauigkeit theoretisch nicht unterlegen ist. Allerdings basiert die hier dargestellte Untersuchung zum einen auf einer theoretischen Überlegung, zum anderen wurden die hier verwendeten Daten ursprünglich nicht für die hier angestellten Überlegungen gesammelt. Daher bedarf es noch einer praktischen Überprüfung der hier dargestellten Ergebnisse. Ferner bleiben natürlich die grundsätzlichen Unterschiede zwischen einem Einsilber- und Satztest bestehen.

Zeitbedarf

Angeht es um den hier theoretisch ermittelten, signifikant geringeren Zeitbedarfs des verkürzten aFBE-S mit 3, 4 oder 5 Testlisten würde der bisherige zeitliche Vorteil von Satztests im Allgemeinen, wie an dem hier untersuchten Beispiel des OLSA-S gezeigt, aufgrund der größeren Anzahl von Testwörtern pro Zeiteinheit gegenüber Einzelwort messenden aFBE-S bei einer Verringerung der Testlisten nicht mehr vorhanden sein; mehr noch, ein in der Verwendung der Anzahl von Testlisten verkürzter aFBE-S wäre sogar signifikant schneller durchführbar [20].

Der berechnete Zeitbedarf für den verkürzten aFBE-S ist nicht nur signifikant geringer als der Zeitbedarf des OLSA-S. Bei einer durchschnittlichen Messdauer von 1,5 Minuten für eine Testliste

des klassischen FBE-S mit einer prozentualen Messweise und 3 verschiedenen Schalldruckpegeln mit jeweils einer Testliste [20] ist der Zeitbedarf des adaptiven FBE-S mit 3 Testlisten sogar geringer und mit 4 Testlisten vergleichbar lang wie der klassische FBE [20]. Der Zeitbedarf des aFBE-S ließe sich dabei durch die Anwendung einer automatischen Software anstatt einer Excel-Tabelle zur Berechnung der Sprachschallpegel weiter optimieren.

Fazit für die Praxis

- Der adaptive Freiburger Einsilbertest im Störschall ist mit einer verringerten Anzahl an Testlisten anwendbar. Es ergibt sich aus den Ergebnissen keine Unterlegenheit des aFBE-S gegenüber dem OLSA-S.
- Für die Testdurchführung des verkürzten aFBE-S wird weniger Zeit benötigt als beim OLSA-S.
- Durch eine verringerte Anzahl an Testlisten ist eine mehrfache Anwendung des aFBE-S möglich, ohne dass sich die Testlisten wiederholen.
- Die berechneten Ergebnisse dieser Studie bedürfen einer praktischen Überprüfung.

Fördermittel

Deutscher Berufsverband der HNO-Ärzte e. V.

Interessenkonflikt

Die Autorinnen/Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

- [1] Hahlbrock KH. Über Sprachaudiometrie und neue Wörtertreste. Arch Ohren Nasen Kehlkopfheilkd 1953; 162: 394–431
- [2] Zugriff am 10.06.2022 unter https://www.g-ba.de/downloads/62-492-2467/HilfsM-RL_2021-03-18_iK-2021-04-01.pdf
- [3] Löhler J, Akcicek B, Pilnik M et al. Evaluation des Freiburger Einsilbertests im Störschall. HNO 2013; 61: 586–591
- [4] Löhler J, Akcicek B, Wollenberg B et al. Results in using the Freiburger monosyllabic speech test in noise without and with hearing aids. Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology. HNO 2014; 272: 2135–2142
- [5] Baljić I, Winkler A, Schmidt T et al. Untersuchungen zur perceptiven Äquivalenz der Testlisten im Freiburger Einsilbertest. HNO 2016; 64: 572–583
- [6] Knief A, Schmidt CM, Deuster D et al. Vergleich des Freiburger Einsilbertests und des Oldenburger Satztests bei Cochlea-Implantat-Trägern. 27. Wissenschaftliche Jahrestagung der DGPP, Aachen. 2010
- [7] Sukowski H, Brand T, Wagener KC et al. Untersuchung zur Vergleichbarkeit des Freiburger Sprachtests mit dem Göttinger Satztest und dem Einsilber-Reimtest nach von Wallenberg und Kollmeier. HNO 2009; 57: 239–250
- [8] Memmeler T, Schönweiler R, Wollenberg B et al. Die adaptive Messung des Freiburger Einsilbertests im Störschall Entwicklung einer Messmethode und Vergleich der Ergebnisse mit dem Oldenburger Satztest. HNO 2018; 67: 118–125
- [9] Zugriff am 10.06.2022 unter <https://www.itu.int/rec/T-REC-A.15-198811-S>
- [10] Holube I, Steffens T, Winkler A. Zur Kalibrierung des Freiburger Einsilbertests. HNO 2019; 67: 304–305
- [11] Winkler A, Holube I. Der Freiburger Sprachverständnistest und die Norm DIN EN ISO 8253–3. 18 Jahrestagung der Gesellschaft für Audiologie 2015: 1–5
- [12] Winkler A, Holube I. Einfluss des Störgeräusches auf das Sprachverstehen von Einsilbern. Z Audiol 2018; 57: 138–147
- [13] DIN 45621–1. Sprache für Gehörprüfung – Teil 1: Ein- und mehrsilbige Wörter. Berlin: Beuth; 1995
- [14] DIN EN ISO 8253–1. Akustik– Audiometrische Prüfverfahren – Teil 1: Grundlegende Verfahren der Luft- und Knochenleitungs- Schwellenaudiometrie mit reinen Tönen. Berlin: Beuth; 2011
- [15] DIN EN ISO 8253–2. Akustik – Audiometrische Prüfverfahren – Teil 2: Schallfeld-Audiometrie mit reinen Tönen und schmalbandigen Prüfsignalen. Berlin: Beuth; 2010
- [16] DIN EN ISO 8253–3. Akustik–Audiometrische Prüfverfahren–Teil 3: Sprachaudiometrie. Berlin: Beuth; 2012
- [17] http://www.hoertech.de/images/hoertech/pdf/mp/produkte/olsa/HT.OLSA_Handbuch_Rev01.0_mitUmschlag.pdf
- [18] Wagener K, Kühnel V, Kollmeier B. Entwicklung und Evaluation eines Satztests für die deutsche Sprache I: Design des Oldenburger Satztests. Z Audiol 1999; 38: 4–15
- [19] Zinner C, Winkler A, Holube I. Vergleich von fünf Sprachtests im sprachsimulierenden Störgeräusch. Z Audiol 2021; 4: 138–148
- [20] Kollmeier B, Lenarz T, Winkler A et al. Hörgeräteindikation und -überprüfung nach modernen Verfahren der Sprachaudiometrie im Deutschen. HNO 2011; 59: 1012–1021