

# Einfluss von verschiedenen Störgeräuschen auf das Einsilberverstehen

Alexandra Winkler<sup>1,2</sup>, Inga Holube<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Institut für Hörtechnik und Audiologie, Jade Hochschule, Oldenburg

<sup>2</sup>Exzellenzcluster „Hearing4All“, Oldenburg

**Schlüsselwörter: Freiburger Einsilber, Einsilberreimtest, Störgeräusch, Sprachverstehen,**

## Einleitung

Schwierige Hörsituationen, zum Beispiel Sprachverstehen in Gesellschaft, sind für Menschen mit einer Hörbeeinträchtigung eine große Herausforderung. Hörgeräte haben das Ziel, das Sprachverstehen in diesen Situationen zu verbessern. Für den Nachweis des Nutzens von Hörgeräten im Störgeräusch kann nach der gültigen Fassung der Hilfsmittelrichtlinie (2017) der Freiburger Einsilbertest (FBE, Hahlbrock, 1953) verwendet werden. Welche Störgeräusche zum Einsatz kommen sollen, ist aber in der Hilfsmittelrichtlinie nicht beschrieben. Die bestmögliche Verdeckung wird durch Störgeräusche, die aus dem Sprachmaterial des Sprachtests generiert wurden, erzielt (Festen und Plomp, 1990). Nach DIN EN ISO 8253-3 (2012) können solche sprachsimulierende Rauschen, aber auch das CCITT-Rauschen nach ITU-G.227, das ICRA1-Geräusch (Dreschler et al., 2001) oder ein Rauschen nach DIN 60645-2 (1997) für Sprachmessungen im Störschall verwendet werden.

In dieser Studie wurde untersucht, wie sich verschiedene Störgeräusche auf das Sprachverstehen bei Probanden mit normalem Hörvermögen auswirken. Die Ergebnisse dienen dazu, datenbasiert eine Grundlage für die Verwendung von Störgeräuschen beim FBE zu liefern. Weiterhin erfolgte ein Vergleich des FBE mit dem für Störgeräuschmessungen optimierten Einsilberreimtest nach von Wallenberg und Kollmeier (WAKO, 1989).

## Methoden

### Probanden

An den Messungen nahmen 40 Probanden (24 w, 16 m) im Alter von 18 bis 25 Jahren (Median: 22 Jahre) teil. Die Vorgaben (Alter, Hörvermögen und otologische Normalität) entsprachen DIN EN ISO 8253-3 (2012) und DIN EN ISO 8253-1 (2011). Allen Probanden war das verwendete Sprachmaterial unbekannt. Für die Teilnahme an der Studie erhielten die Probanden eine Aufwandsentschädigung in Höhe von 12 EUR pro Stunde. Die Studie wurde von der Kommission für Forschungsfolgenabschätzung und Ethik der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg (Drs. 1/2015) genehmigt.

### Sprachmaterial

Das verwendete Sprachmaterial für den FBE nach Brinkmann (1974) stammte von der Siemens-CD mit der Sach-Nr. 7970155 HH 922. Die Reihenfolge der Wortpräsentationen innerhalb der 20 Testlisten entsprach DIN 45621-1 (1995). Da die Testlisten 5, 11, 12 und 15 nach Baljic et al. (2016) in Ruhe nicht perzeptiv äquivalent waren, wurden diese Testlisten nicht verwendet.

Der WAKO wurde in der gekürzten Version nach Brand und Wagener (2005) durchgeführt. Der WAKO ist im Gegensatz zum FBE ein geschlossenes Testverfahren. Nach einem Ankündigungssatz „Bitte markieren Sie das Wort“ sucht der Proband aus fünf Antwortalternativen das verstandene Wort aus. Die Wörter unterscheiden sich im In-, An- oder Auslaut. Das erreichte prozentuale Sprachverstehen wurde um die Ratewahrscheinlichkeit aufgrund der fünf Antwortalternativen korrigiert.

### Störgeräusche

Das Sprachverstehen im Störgeräusch wurde mit dem Verdeckungsgeräusch nach DIN 60645-2 (1997), dem ICRA1-Rauschen (Dreschler et al., 2001) und dem CCITT-Rauschen der Siemens-CD ermittelt. Zusätzlich wurde als Störgeräusch das aus dem jeweiligen Sprachmaterial generierte Rauschen verwendet, für den FBE das Dreinsilberrauschen (DRF) von Döring und Hamacher (1992, CD 8 der Westra Elektroakustik GmbH) und für den WAKO das Einsilberrauschen (ERW) nach Müller (1992). Das Störgeräusch wurde 0,5 s vor dem Wort beim FBE und 0,5 s vor dem Ankündigungssatz beim WAKO gestartet und endete jeweils 0,5 s nach der Wortpräsentation.

### Messverfahren

Beide Sprachtests wurden bei verschiedenen Signal-Rausch-Abständen (SNR) durchgeführt. Die SNR-Werte wurden so gewählt, dass eine Diskriminationsfunktion nach Brand und Kollmeier (2002) an das ermittelte prozentuale individuelle Sprachverstehen pro SNR angepasst werden konnte. Anhand der Diskriminationsfunktion wurde der SNR, der zu 50%igem Sprachverstehen ( $L_{50}$ ) führt mit der dazugehörigen Steigung ( $s_{50}$ ) für jeden Probanden bestimmt. Beim FBE wurden die SNR-Werte: -6, -3, 0 und 3 dB und beim WAKO die SNR-Werte: -15, -12, -9 und -6 dB verwendet. Jeder Proband hörte jedes der vier Störgeräusche bei jedem der vier SNR-Werte. So wurden für jeden Sprachtest 16 verschiedene Testlisten präsentiert, die sich nicht wiederholten. Die Reihenfolge der SNR-Werte, der Störgeräusche und der Testlisten wurde randomisiert.

### Apparatur

Die Tonaudiometrie und die Sprachverständlichkeitsmessungen (Oldenburger Messapparatur Forschungsversion 2.0, HörTech gGmbH) fanden in einer gedämmten Freifeldaudiometrikabine statt. Die Sprachmaterialien und die Störgeräusche beider Testverfahren lagen digital auf der Festplatte des Steuerungscomputers vor. Die Ausgabe der Signale erfolgte über ein RME Fireface 400 UC. Die Sprache und das Störgeräusch wurden aus dem Lautsprecher (Genelec 8030A) frontal dargeboten. Der Abstand zwischen Proband und Lautsprecher betrug 1,1 m.

### Ergebnisse

Abbildung 1 zeigt das individuelle Sprachverstehen pro SNR und Störgeräusch für den WAKO (schwarz) und FBE (grau). Anhand des Medians der individuellen  $L_{50}$  und  $s_{50}$  wurden die störgeräuschabhängigen Diskriminationsfunktionen bestimmt. Zur Illustration ist der mediane  $L_{50}$  als roter Kreis dargestellt. Für den Vergleich zwischen den Störgeräuschen sind die medianen  $L_{50}$  und  $s_{50}$  in Tabelle 1 für den WAKO und in Tabelle 2 für den FBE aufgeführt. Bei gleichem Sprachverstehen ergibt sich einen Unterschied im SNR zwischen FBE und WAKO von ca. 12 dB.

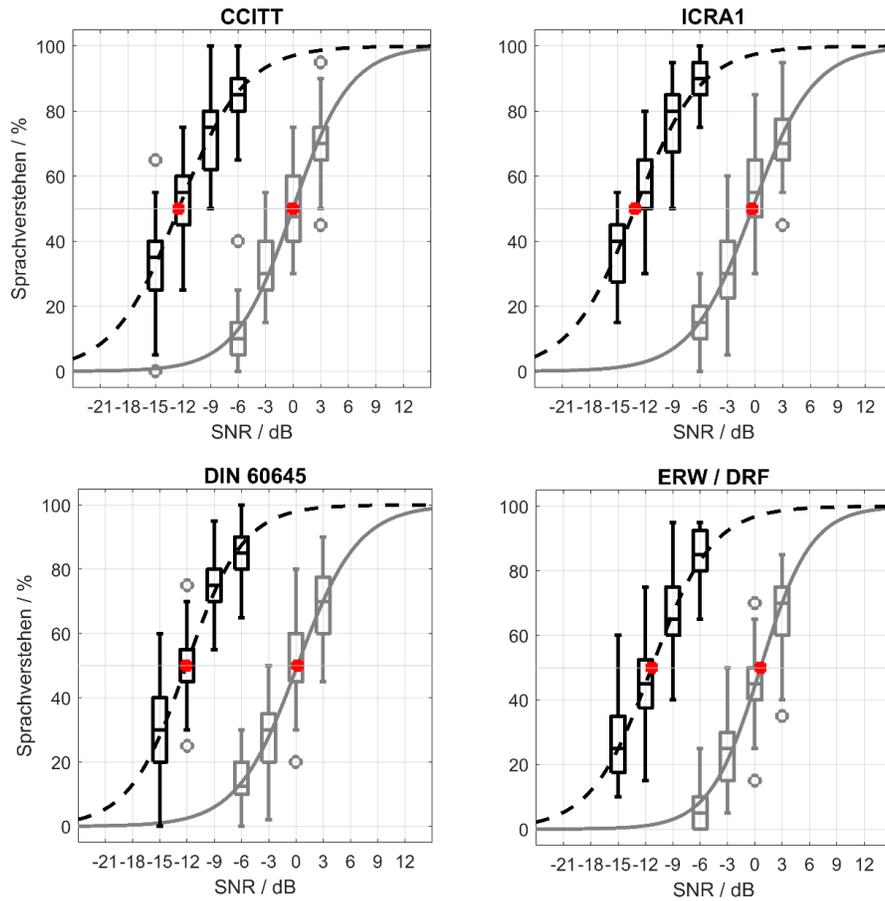


Abbildung 1: Boxplots des Sprachverstehens vom WAKO (schwarz) und FBE (grau) für alle Störgeräusche. Zusätzlich ist die mediane Diskriminationsfunktion WAKO (schwarz gestrichelt) und FBE (grau durchgezogen) dargestellt. Der  $L_{50}$  ist jeweils als roter Kreis markiert. Zur Verdeutlichung ist bei einem Sprachverstehen von 50 % eine zusätzliche Linie eingezeichnet. Die Boxplots stellen den Median (-), den Interquartilsabstand (Boxlänge), die Whisker (Antennen bis maximal zum 1,5fachen des Interquartilsabstands) und Ausreißer (o) dar.

Da die individuellen störgeräuschabhängigen  $L_{50}$  und  $s_{50}$  nicht normalverteilt waren, erfolgte die statistische Auswertung mit dem Friedman-Test und Post-hoc mit dem Wilcoxon-Test für abhängige Stichproben inklusive Bonferroni-Korrektur. Das Signifikanzniveau betrug  $\alpha = 0,05$ . Der Friedman-Test führte für die  $L_{50}$  bei beiden Sprachtests und für die  $s_{50}$  beim FBE zu signifikanten Ergebnissen. Die folgenden Tabellen zeigen in der Übersicht die Ergebnisse der Post-hoc-Analyse mit dem Wilcoxon-Test für den  $L_{50}$  und  $s_{50}$  im WAKO (Tabelle 1) und für den FBE (Tabelle 2).

Tabelle 1: Mediane  $L_{50}$  und  $s_{50}$  für den WAKO in Abhängigkeit vom Störgeräusch. Signifikanz: \*:  $p < 0,05$ , \*\*:  $p < 0,01$ , \*\*\*  $p < 0,001$ . Die Steigungen unterschieden sich nicht signifikant voneinander.

| Störgeräusch | $L_{50\_Median}$<br>in dB SNR | signifikante Ergebnisse des<br>Wilcoxon-Tests | $s_{50\_Median}$ in<br>%-Punkte/dB |
|--------------|-------------------------------|---|------------------------------------|
| CCITT        | -12,5                         |   | 7,0                                |
| ICRA1        | -13,1                         |   | 7,0                                |
| DIN 60645    | -12,1                         |   | 8,0                                |
| ERW          | -11,3                         |   | 7,5                                |

Tabelle 2: Mediane  $L_{50}$  und  $s_{50}$  für den FBE in Abhängigkeit vom Störgeräusch. Signifikanz: \*:  $p < 0,05$ , \*\*:  $p < 0,01$ , \*\*\*:  $p < 0,001$ .

| Störgeräusch | $L_{50\_Median}$<br>in dB SNR | Signifikante Ergebnisse des<br>Wilcoxon-Tests | $s_{50\_Median}$ in<br>%-Punkte/dB | signifikante<br>Ergebnisse des<br>Wilcoxon-Tests |
|--------------|-------------------------------|---|------------------------------------|--|
| CCITT        | 0,0                           |   | 8,0                                |  |
| ICRA1        | -0,3                          |   | 7,5                                |  |
| DIN 60645    | 0,2                           |   | 7,5                                |  |
| DRF          | 0,6                           |   | 9,0                                |  |

## Diskussion

Durch die Wahl der SNR-Werte wurde ein Sprachverstehen unter- und oberhalb von 50 % erreicht und Diskriminationsfunktionen konnten angepasst werden. Im Vergleich beider Testverfahren zeigten sich um ca. 12 dB geringere  $L_{50}$  im WAKO als im FBE. Sukowski et al. (2009, 2010) beobachteten einen leicht höheren Unterschied von 15 dB zwischen FBE und WAKO in Ruhe. Dieser Unterschied ist zum einen durch die unterschiedliche Kalibrierung bedingt. Beim WAKO erfolgte die Kalibrierung anhand der RMS-Werte und beim FBE anhand der Spitzenpegel des Sprachmaterials. Winkler und Holube (2016) zeigten, dass der Unterschied in der Kalibrierung zwischen Spitzenwert und RMS beim FBE 6,5 dB beträgt. Wird dies berücksichtigt, verbleibt ein Unterschied von ca. 5,5 dB zwischen beiden Sprachtests. Dieser Unterschied kann durch die unterschiedlichen Testverfahren (offen vs. geschlossen) bedingt sein.

Der mediane  $L_{50}$  ist bei dem aus dem Sprachmaterial generierten Rauschen (ERW bzw. DRF) höher als bei den anderen Störgeräuschen bei beiden Sprachtests. Dies war anhand der Literatur zu erwarten, da diese Störgeräusche die bestmögliche Verdeckung erzeugen. Im Vergleich zu den Ruhemessungen (Baljic et al., 2016; Holube, 1993) wurde eine höhere Steigung bei beiden Sprachtests, unabhängig vom Störgeräusch, erreicht. Wagner (2004) beschreibt dies auch für andere Sprachtests und führte es auf die Verständlichkeit des Sprachmaterials zurück. Eine ähnliche Verständlichkeit der Wörter innerhalb einer Testliste resultiert in eine steilere Diskriminationsfunktion. Holube et al. (2018) zeigten, dass die Wörter des FBE in Ruhe nicht gleich verständlich sind, eine Analyse zum Wortverstehen im Störgeräusch steht jedoch noch aus. Die unterschiedliche Steigung in Ruhe und im Störgeräusch lässt vermuten, dass die Wörter vom WAKO in Ruhe ebenfalls nicht gleich verständlich sind.

Der  $L_{50}$  im DRF war in dieser Untersuchung im Vergleich zu den Messungen von Döring und Hamacher (1992) etwas höher, wobei eine ähnliche Steigung erreicht wurde. Döring und Hamacher (1992) präsentierten die Wörter des Einfluss von verschiedenen Störgeräuschen auf das Einsilberverstehen

FBE dreimal hintereinander. Weiterhin ist die Darbietung des Störgeräusches bei Döring und Hamacher (1992) nicht bekannt. Wagener und Brand (2005) zeigten, dass sich die Schwellen des Oldenburger Satztests im kontinuierlichen Störgeräusch um ca. 1,4 dB im Vergleich zum unterbrochenen Störgeräusch verbessern. Dies erklärt auch die Unterschiede im SNR zu Mallinger (2011), die das CCITT kontinuierlich darbot. Die Ergebnisse für den WAKO im ERW sind vergleichbar mit denen von Holube (1993), unterscheiden sich aber zu den Daten von Müller (1992). Auch dies kann durch die unterschiedlichen Kalibrierungen erklärt werden. Müller (1992) kalibrierte die Signale auf die Spitzenpegel des Sprachmaterials und nicht, wie hier beim WAKO, auf den RMS.

Ausgangspunkt für diese Studie war die fehlende Angabe des zu verwendenden Störgeräusches in der Hilfsmittelrichtlinie bei der Hörgeräteevaluation mit dem FBE. Aufgrund der signifikanten Unterschiede im Sprachverstehen sollte die Hilfsmittelrichtlinie die Vorgabe für Messungen im Störgeräusch präziser formulieren, mindestens jedoch die Angabe des verwendeten Störgeräusches fordern. Weiterhin ist bei der Bestimmung der Messgenauigkeit von Sprachtestverfahren zu beachten, dass die Testlisten perzeptiv äquivalent sein sollten. Da vier Testlisten in Ruhe nach Baljic et al. (2016) die perzeptive Äquivalenz nicht erfüllten, wurden diese Listen in dieser Studie nicht berücksichtigt. Ob diese oder andere Testlisten die Vorgaben der perzeptiven Äquivalenz im Störgeräusch erfüllen, muss durch weitere Untersuchungen geklärt werden. Dafür sollten Messungen mit allen Testlisten erfolgen. Weiterhin sollte im Zuge der Hörgeräteanpassung ein kontinuierliches Störgeräusch verwendet werden, so dass sich die Hörgerätealgorithmen entsprechend der Hörsituation anpassen können.

## Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei Maximilian Hehl, Florian Schmitt und Kristin Sprenger für die Durchführung der Messungen, Daniel Berg (HörTech gGmbH) für die technische Unterstützung und allen Probanden für die Teilnahme an der Studie. Diese Studie wurde gefördert vom Promotionsprogramm Jade2Pro der Jade Hochschule.

## Literatur

- Baljic I, Winkler A, Schmidt T und Holube I (2016). Untersuchungen zur perzeptiven Äquivalenz der Testlisten im Freiburger Einsilbertest. HNO 64 (8): 572–583
- Brand T und Kollmeier B (2002). Efficient adaptive procedures for threshold and concurrent slope estimates for psychophysics and speech intelligibility tests. The Journal of the Acoustical Society of America 111 (6): 2801–2810
- Brand T und Wagener KC (2005). Wie lässt sich die maximale Verständlichkeit optimal bestimmen? In: 8. Jahrestagung Deutsche Gesellschaft für Audiologie: 24.- 26.02.2005 Göttingen; Tagungs-CD. Oldenburg: Dt. Ges. für Audiologie
- Brinkmann K (1974). Die Neuaufnahme der „Wörter für Gehörprüfung mit Sprache“. Zeitschrift für Hörgeräteakustik 13: 14–40
- DIN 45621-1 (1995). Sprache für Gehörprüfung. Teil 1: Ein- und mehrsilbige Wörter. Beuth Verlag Berlin
- DIN EN 60645-2 (1997). Audiometer Teil 2: Geräte für die Sprachaudiometrie. Beuth Verlag Berlin
- DIN EN ISO 8253-1 (2011). Akustik - Audiometrische Prüfverfahren - Teil 1: Grundlegende Verfahren der Luft- und Knochenleitungs-Schwellenaudiometrie mit reinen Tönen. Beuth Verlag Berlin
- DIN EN ISO 8253-3 (2012). Akustik - Audiometrische Prüfverfahren - Teil 3: Sprachaudiometrie. Beuth Verlag Berlin
- Döring W und Hamacher V (1992). Neue Sprachverständlichkeitstests in der Klinik: Aachener Logatomtest und Dreinsilber im Störschall. In: Kollmeier B (Hg.) Moderne Verfahren der Sprachaudiometrie. Heidelberg: Median-Verlag von Killisch-Horn GmbH; 137–168
- Dreschler WA, Verschuure H, Ludvigsen C und Westermann S (2001). ICRA noises: artificial noise signals with speech-like spectral and temporal properties for hearing instrument assessment. International Collegium for Rehabilitative Audiology. Audiology 40 (3): 148–157
- Festen JM und Plomp R (1990). Effects of fluctuating noise and interfering speech on the speech-reception threshold for impaired and normal hearing. J. Acoust. Soc. Am. 88 (4): 1725–1736

- Hilfsmittelrichtlinie (2017). Richtlinie des gemeinsamen Bundesausschusses über die Verordnung von Hilfsmitteln in der vertragsärztlichen Versorgung. [https://www.g-ba.de/downloads/62-492-1352/HilfsM-RL\\_2016-11-24\\_iK-2017-02-17.pdf](https://www.g-ba.de/downloads/62-492-1352/HilfsM-RL_2016-11-24_iK-2017-02-17.pdf) (Stand 02.03.2017)
- Hahlbrock KH (1953). Über Sprachaudiometrie und neue Wörterteste. Archiv Ohr- usw. Heilk. u. Z. Hals- usw. Heilk 162.: 394–431
- Holube I (1993). Experimente und Modellvorstellungen zur Psychophysik und zum Sprachverstehen bei Normal- und Schwerhörigen. Dissertation: Georg-August-Universität Göttingen
- Holube I, Winkler A und Nolte-Holube R (2018). Modellierung der Reliabilität des Freiburger Einsilbertests in Ruhe mit der verallgemeinerten Binomialverteilung: Hat der Freiburger Einsilbertest 29 Wörter pro Liste? Zeitschrift für Audiologie 57 (1): 6–17
- HörTech gmbH. <http://www.hoertech.de> (Stand 06.10.2015)
- ITU Recommendation G.227 (1993) Conventional telephone signal. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.227-198811-l/en> (Stand 12.04.2016)
- Mallinger E (2011). Trainingseffekte und Listenäquivalenz des Freiburger Einsilbertests im Störschall. Dissertation: Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg <https://d-nb.info/1015782426/34> (Stand 14.05.2018)
- Müller C (1992). Perzeptive Analyse und Weiterentwicklung eines Reimtestverfahrens für die Sprachaudiometrie. Dissertation: Georg-August-Universität Göttingen
- Sukowski H, Brand T, Wagener KC und Kollmeier B (2009). Untersuchung zur Vergleichbarkeit des Freiburger Sprachtests mit dem Göttinger Satztest und dem Einsilber-Reimtest nach von Wallenberg und Kollmeier. HNO 57 (3): 239–250
- Sukowski H, Brand T, Wagener KC und Kollmeier B (2010). Vergleich des Göttinger Satztests und des Einsilber-Reimtests nach von Wallenberg und Kollmeier mit dem Freiburger Sprachtest: Untersuchung bei einem klinisch repräsentativen Probandenkollektiv. HNO 58 (6): 597–604
- von Wallenberg E-L und Kollmeier B (1989). Sprachverständlichkeitsmessungen für die Audiologie mit einem Reimtest in deutscher Sprache: Erstellung und Evaluation von Testlisten. Audiologische Akustik 28 (2): 50–56
- Wagener KC (2004). Factors influencing sentence intelligibility in noise. Dissertation: Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
- Winkler A und Holube I (2016). Der Freiburger Einsilbertest und die Norm DIN EN ISO 8253-3: Technische Analyse. Zeitschrift für Audiologie 55 (3): 106–113