

Untersuchung des Sprachverstehens bei HG-/CI-Nutzern unter Einsatz virtueller Akustik

Tobias Weißgerber, Anja Eichenauer, Uwe Baumann

Audiologische Akustik, Universitätsklinikum, 60598 Frankfurt am Main, E-Mail: tobias.weissgerber@kgu.de

Einleitung

Menschen mit Hörminderung haben trotz der Versorgung mit Hörhilfen häufig Probleme in alltäglichen Kommunikationssituationen. Während selbst Nutzer von Cochlea-Implantaten (CIs) in ruhigen Umgebungen ein Sprachverstehen von bis zu 100 % erreichen, unterscheidet sich das Sprachverstehen im Störgeräusch deutlich von Normalhörenden. In geschlossenen Räumen kann das Sprachverstehen zusätzlich aufgrund von Raumreflexionen verringert werden [1-3].

Konventionelle klinische Sprachtests finden jedoch unter Freifeldbedingungen statt und können die individuellen Hörleistungen im Alltag nicht vollständig erfassen. Ziel dieser Arbeit war die Entwicklung eines Raumsimulationssystems zur Untersuchung des Sprachverstehens in Abhängigkeit der Raumakustik bei Menschen mit CI.

Material und Methoden

38 CI-Nutzer nahmen an der Studie teil. Diese waren unterteilt in vier Untergruppen mit

- bimodaler Versorgung (Hörgerät auf Gegenohr), n=10, Alter: 52,5±19,2 Jahre
- bilateraler Versorgung (CI beidseits), n=14, Alter: 49,9±16,4 Jahre
- elektro-akustischer Stimulation (EAS) bimodal, n=8, Alter: 60,1±8,5 Jahre
- bilateraler EAS-Versorgung, n=6, Alter: 64,6±10,8 Jahre.

Alle Probanden waren mit CIs der Firma MED-EL versorgt und nutzten entweder den Sprachprozessor Opus2 oder Sonnet. Der Prozessor Opus2 nutzt ein Mikrofon mit omnidirektionaler Richtcharakteristik, während der Prozessor Sonnet über zwei Mikrofone verfügt und die Richtcharakteristik bei der Anpassung gewählt werden kann. Zur Vergleichbarkeit mit den Opus2-Nutzern wurden der Sonnet bei allen Probanden auf omnidirektionale Mikrofoncharakteristik gestellt. Als Kontrollgruppe diente eine Gruppe von 17 normalhörenden Probanden (Alter: 26,7±8,0 Jahre).

Die Raumsimulation wurde mit der Software ODEON (ODEON A/S, Lyngby, Dänemark) durchgeführt. Als Raummodell wurde ein leerer Hörsaal mit einem Raumvolumen von 3520 m³ mit den Maßen 22x16x10 m (LxBxH) gewählt. Für die Raumsimulation wurde die Schallquelle bei 0° frontal in einer Entfernung von 5 m zur Hörposition positioniert. Alle Reflexionen, die von der

Quelle die Hörposition erreichen, wurden in einem Reflektogramm dargestellt. Im Reflektogramm wurden pro Reflexion die Zeitverzögerung sowie die Oktavpegel von 63 Hz bis 8000 Hz und der Azimut-/Elevationswinkel dargestellt. Das Reflektogramm wurde für die frühen Reflexionen bis zu einer Ordnung 10 berechnet.

Zur Erzeugung der Lautsprecher-signale wurde das Reflektogramm in MATLAB (The Mathworks, Natick, USA) importiert. Die Anordnung der 128 Lautsprecher im reflexionsarmen Raum ist in Abbildung 1 dargestellt. Da es sich um eine horizontale Lautsprecheranordnung handelt, wurden die Reflexionen mit einem Elevationswinkel größer als ±30° nicht berücksichtigt. Die übrigen Reflexionen wurden entsprechend des Reflektogramms zeitlich verzögert und mit frequenzabhängiger Amplitude dem im Azimut nächstliegenden Lautsprecher im Raum zugeordnet. Zur Erzeugung des diffusen Nachhalls wurde ein Feedback-Delay-Network eingesetzt. Ab 80 ms wurde der diffuse Nachhall über alle 128 Lautsprecher wiedergegeben.

Die Raumsimulation wurde jeweils für Absorptionsgrade von 80 % und 60 % durchgeführt. Die mittlere Nachhallzeit betrug 350 ms bzw. 500 ms. Beide Konditionen unterschritten die nach DIN 18041 [4] bei dem Raumvolumen geforderte maximale mittlere Nachhallzeit von 900 ms für Unterricht/Kommunikation bzw. 1,2 s für Sprache/Vortrag.

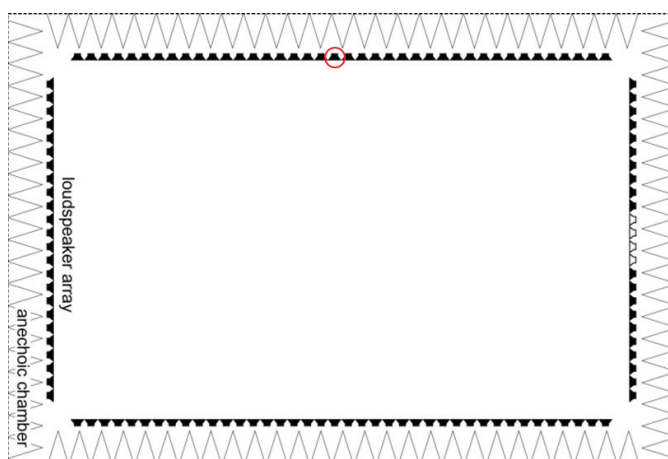


Abbildung 1: Anordnung der 128 Wiedergabelautsprecher im reflexionsarmen Raum. Der Direktschall des Sprachsignals und des Störgeräuschs wurde über den Lautsprecher bei 0° in frontaler Blickrichtung präsentiert (roter Kreis). Die ersten Reflexionen wurden entsprechend des Reflektogramms vom nächstliegenden Lautsprecher abgespielt und der Diffusschall wurde über alle 128 Lautsprecher wiedergegeben.

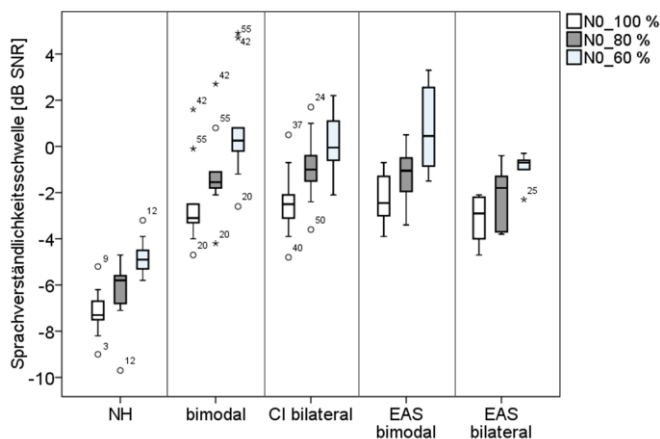


Abbildung 2: Sprachverständlichkeitsschwelle im Störgeräusch mit Nachhall für die verschiedenen Probandengruppen normalhörend (NH), CI bimodal, CI bilateral, EAS bimodal und EAS bilateral in den Konditionen Freifeld (weiß), 80 % Absorption (dunkelgrau) und 60 % Absorption (hellgrau).

Das Sprachverstehen im Störgeräusch wurde mit dem Oldenburger Satztest bestimmt [5]. Das Störgeräusch wurde mit einem konstanten Pegel von 65 dB SPL dargeboten. Die Sprachverständlichkeitsschwelle (SVS) für ein Sprachverstehen von 50 % wurde durch adaptive Regelung des Sprachpegels bestimmt. Der Direktschall der Sprache und des Störgeräuschs wurden von 0° (S_0N_0) präsentiert. Vor dem eigentlichen Testdurchgang wurde eine Trainingsliste durchgeführt. Es wurden Testlisten mit je 20 Sätzen verwendet. Neben den Nachhallkonditionen 80 % und 60 % Absorption wurde der Test auch unter Freifeldbedingungen (100 % Absorption) durchgeführt.

Ergebnisse

Die SVS des OLSA im Störgeräusch sind für die verschiedenen Probandengruppen und Nachhallkonditionen in Abbildung 2 dargestellt. Für alle Probandengruppen zeigte sich ein signifikanter Einfluss der Nachhallkondition auf die SVS. Die mittleren SVS der normalhörenden Gruppe war zwischen -7,3 dB SNR (Freifeld) und -4,9 dB SNR (60 % Absorption). Die CI-Gruppen hatten mittlere SVS zwischen etwa -3 und 0 dB SNR. In allen Gruppen verschlechterte sich die SVS mit zunehmender Nachhallzeit etwa ähnlich um 2-3 dB (Freifeld zu 60 % Absorption).

Zwischen den vier Gruppen mit CI-Versorgung gab es keine signifikanten Unterschiede. Die normalhörende Gruppe erreichte in allen Absorptionsbedingungen signifikant bessere SVS als die CI-Gruppen ($p < 0,001$). Der Unterschied betrug etwa 4,5 dB.

Diskussion

Für alle Probandengruppen zeigte sich selbst bei geringen Nachhallzeiten bereits ein störender Effekt auf das Sprachverstehen, der sich mit zunehmender Nachhallzeit weiter verstärkte.

In der vorliegenden Studie wurden für einen Hörsaal mit einem Raumvolumen von 3520 m³ vergleichsweise geringe Nachhallzeiten bis maximal 500 ms gewählt. In der Realität werden in solchen Hörsituationen eher längere Nachhallzeiten vorherrschen, sodass hier noch drastischere Verschlechterungen zu erwarten sind.

Neben der Nachhallzeit spielt auch die Entfernung des Hörers zur Schallquelle eine Rolle. Während in dieser Arbeit die Simulation für eine Entfernung von 5 m simuliert wurde, kann die Entfernung in Hörsälen 10 m und mehr betragen, was ein ungünstigeres Verhältnis von Direkt- und Diffusschall zur Folge hat.

In der Kondition mit Sprache und Störgeräusch bei 0° zeigten die CI-Gruppen im Nachhall keine größere Verschlechterung in der SVS als die Kontrollgruppe. Da die Sprachverständlichkeitsschwellen aber bereits in Freifeldbedingungen um fast 5 dB schlechter sind, wirkt sich die zusätzliche Verschlechterung durch den Nachhall im Alltag umso dramatischer aus.

Die Untersuchungen wurden bisher nur mit kontinuierlichem Störgeräusch durchgeführt, während Störgeräusche jedoch häufig zeitlich moduliert sind (z.B. einzelne Sprecher oder ein Stimmengewirr, Cocktailpartysituation). Es ist bekannt, dass sich das Sprachverstehen im zeitlich modulierten Störgeräusch bei CI-Nutzern gegenüber Normalhörenden deutlicher unterscheidet als bei kontinuierlichem Störgeräusch (z.B. [6]).

Zusammenfassung

Es wurde ein MATLAB-Tool entwickelt, um basierend auf Reflektogrammen audilogische Untersuchungen wie z.B. Tests zum Sprachverstehen oder zur Lokalisation von Schallen in reflexionsbehafteten Umgebungen durchführen zu können. In einer ersten Pilotstudie wurde das Sprachverstehen in Abhängigkeit der Nachhallzeit bei verschiedenen Gruppen mit CI-Versorgung untersucht.

Es zeigten sich für alle Probandengruppen vergleichbare Verschlechterungen im Sprachverstehen im Störgeräusch mit zunehmender Nachhallzeit. Die bisherigen Tests wurden jedoch nur mit zeitlich kontinuierlichem Störgeräusch durchgeführt, in zukünftigen Untersuchungen zum Sprachverstehen im Nachhall sollten auch modulierte Störgeräusche eingesetzt werden.

Literatur

- [1] Mühler R., Ziese M., Rostalski D., Verhey J.L.: Zur Wahrnehmung verhallter Sprache mit Cochleaimplantaten. HNO 62 (2014), 35–40
- [2] Poissant S.F., Whitmal N.A., Freyman R.L.: Effects of reverberation and masking on speech intelligibility in cochlear implant simulations. J Acoust Soc Am 119 (2006), 1606–1615
- [3] Weissgerber T., Grahlmann H., Baumann U.: Sprachverständlichkeitsschwellen mit Cochlea-Implantat und mit CI-Simulation in Abhängigkeit vom Pegelverhältnis

- zwischen Direktschall und Diffusschall. *Z Audiol* 55 (2016), 6-11
- [4] DIN 18041: Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung. Beuth Verlag, Berlin, 2016
- [5] Wagener K., Kühnel K., Kollmeier, B.: Entwicklung und Evaluation eines Satztests in deutscher Sprache I: Design des Oldenburger Satztest. *Z Audiol* 38 (1999), 4–15
- [6] Fastl H., Oberdanner H., Schmid W., Stemplinger I., Hochmair-Desoyer I., Hochmair E.: Zum Sprachverständnis von Cochlea-Implantat-Patienten bei Störgeräuschen. Tagungsband der DAGA Oldenburg 1998.