

Einfluss von Störschall-Modulationscharakteristika auf das Sprachverstehen von Cochlea-Implantat-Nutzern

Tobias Weißgerber¹, Uwe Baumann¹, Florian Völk^{2,3}

¹Audiologische Akustik, Universitätsklinikum, 60598 Frankfurt am Main, E-Mail: tobias.weissgerber@kgu.de

²Bioanaloge Informationsverarbeitung, Technische Universität München, 85748 Garching

³WindAcoustics UG, 86949 Windach

Einleitung

Normalhörende (NH) erfahren durch Einführung zeitlicher Lücken in kontinuierlichen Störgeräuschen meist eine Verbesserung des Sprachverstehens, während Nutzer von Cochlea-Implantaten (CIs) häufig nicht profitieren oder sich verschlechtern [1,2]. In bisherigen Studien unterschieden sich die verwendeten Störgeräusche neben ihrer zeitlichen Struktur auch spektral. Weiterhin unterschieden sich die Probandengruppen in ihrem Alter. Ziel dieser Studie war die Untersuchung des Sprachverstehens in Abhängigkeit der zeitlichen Modulation und des Spektrums von Störgeräuschen in einer Population von jungen Probanden.

Material und Methoden

Zwölf bilaterale CI-Nutzer nahmen an der Studie teil. Das mittlere Alter betrug $23,6 \pm 10,0$ Jahre. Die Probanden waren mit einem Cochlea-Implantat der Firma Advanced Bionics ($n=2$), Cochlear ($n=6$) oder MED-EL ($n=4$) versorgt. Die Sprachtests wurden mit der klinischen Einstellung durchgeführt, Signalvorverarbeitungsalgorithmen zur Störgeräuschreduktion wurden vor der Versuchsdurchführung deaktiviert. Als Kontrollgruppe diente eine Gruppe von 19 normalhörenden Probanden (Alter: $28,2 \pm 3,8$ Jahre). Die Altersverteilungen der beiden Probandengruppen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander.

Das Sprachverstehen im Störgeräusch wurde im Freifeld mit dem Oldenburger Satztest (OISa) bestimmt. Das Störgeräusch wurde mit einem konstanten Pegel von 60 dB SPL dargeboten. Die Sprachverständlichkeitsschwelle (SVS) für ein Sprachverstehen von 50 % wurde durch adaptive Anpassung des Sprachpegels bestimmt. Sprache und Störgeräusch wurden von 0° (S_0N_0) präsentiert. Vor dem eigentlichen Testdurchgang wurde eine Trainingsliste durchgeführt. Es wurden Testlisten mit je 20 Sätzen verwendet.

Die SVS wurde für sechs verschiedene Störgeräusche bestimmt. Als stationäres Störgeräusch wurde das Oldenburger Rauschen (OINoise) gewählt, welches durch Überlagerung der Sprachstimuli des OISa erzeugt wird und ein entsprechendes Langzeitspektrum aufweist. Zusätzlich wurden drei verschieden zeitlich modulierte OINoise generiert. Um gezielt verschiedene zeitliche Modulationen zu erreichen wurden empirisch Signale ausgewählt, deren Terzpegelspektren der zeitlichen Hüllkurvenschwankung $L_{T,env}$ nach [3] die gewünschte Form aufweisen (vgl. Abbildung 1).

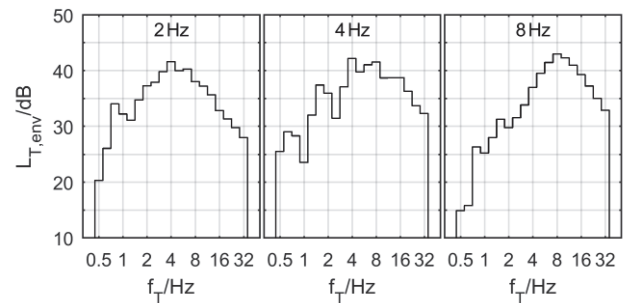


Abbildung 1: Terzpegelspektren der zeitlichen Hüllkurvenschwankung $L_{T,env}$ der drei mit dem OINoise modulierten Störgeräusche in Anlehnung an [3].

Von diesen Signalen wurde jeweils die Hüllkurve extrahiert. Mit den resultierenden Hüllkurven wurde dann jeweils das stationäre OINoise moduliert, was dazu führte, dass die zeitlichen Modulationscharakteristika der erzeugten Signale Abbildung 1 entsprechen. In Anlehnung an das spektrale Maximum der zeitlichen Hüllkurvenschwankung wurden die drei modulierten Schalle als OINoise_2Hz, OINoise_4Hz und OINoise_8Hz bezeichnet. Zusätzlich wurden als Sprach-Störgeräusche das „International Speech Test Signal“ (ISTS, [4]) und eine japanische Sprachaufnahme (JS) gewählt.

Ergebnisse

Die SVS der NH-Gruppe sind in Abbildung 2 als Boxplots dargestellt. Im kontinuierlichen OINoise betrug die SVS im Median $-6,7$ dB SNR. Durch die Einführung zeitlicher Lücken verbesserte sich die SVS in den drei modulierten OINoise signifikant ($p < 0,001$) um Werte im Bereich von $17,3$ bis $18,0$ dB. Zwischen den verschiedenen Modulationscharakteristika gab es keinen signifikanten Unterschied. Bei den sprachlichen Störgeräuschen zeigte sich eine signifikante ($p < 0,001$) Verbesserung der SVS um $11,3$ dB (ISTS) und $9,1$ dB (JS), welche jedoch signifikant schlechter als die der modulierten OINoise-Stimuli war ($p < 0,001$).

Die SVS der bilateralen CI-Gruppe sind in Abbildung 3 dargestellt. Im OINoise betrug die SVS im Median $-2,1$ dB SNR. In den drei modulierten OINoise verbesserte sich die SVS um Werte im Bereich von $2,6$ bis $3,4$ dB. Für die langsame Modulation (Mod_2Hz) war dieser Unterschied statistisch signifikant ($p < 0,05$). Zwischen den verschiedenen Modulationscharakteristika trat kein signifikanter Unterschied auf. Je nach Modulationscharakteristik konnten 67 bis 84 % der

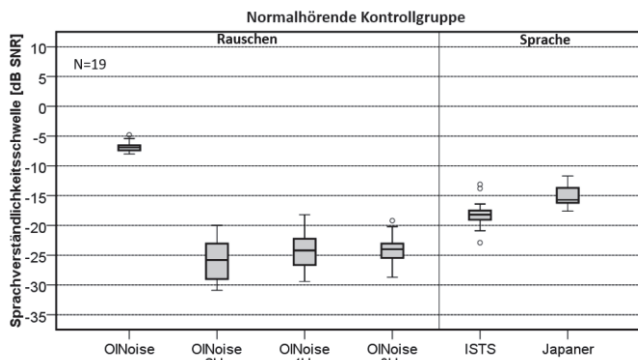


Abbildung 2: Boxplot der Sprachverständlichkeitsschwellen der NH-Gruppe für rauschartige Störgeräusche (links) und sprachartige Störgeräusche (rechts).

Probanden von den zeitlichen Lücken profitieren. Bei den sprachlichen Störgeräuschen zeigte sich eine signifikante Verschlechterung ($p < 0,05$) der SVS um 2,3 dB (ISTS) und 4 dB (JS).

In allen Störgeräuschbedingungen war die SVS der CI-Gruppe signifikant schlechter als die der NH-Gruppe ($p < 0,001$). Im kontinuierlichen OINoise war die SVS der CI-Gruppe im Median um 4,6 dB schlechter. In den zeitlich modulierten Störgeräuschen resultierte der Gruppenunterschied deutlich höher und betrug zwischen 17,7 und 19,7 dB.

Diskussion

In der vorgestellten Studie konnten mehr als zwei Drittel der CI-Nutzer von den zeitlichen Lücken in den modulierten OINoise profitieren. Im Vergleich von OINoise und zeitlich moduliertem Fastl-Rauschen [3] konnte dieser Effekt in bisherigen Studien nicht gezeigt werden [1,2]. In Rader et al. [1] wurde die SVS auch für das kontinuierliche CCITT-Rauschen bestimmt, welches die Grundlage für das Fastl-Rauschen bildet und daher spektral ähnlich ist. Auch hier konnte kein Lückenhören bei bilateralen CI-Nutzern nachgewiesen werden. Es wurden allerdings die Daten einer jungen Kontrollgruppe (Alter: 21-36 Jahre, Median: 24 Jahre) mit einer älteren Gruppe von CI-Nutzern (Alter: 19-76 Jahre, Median: 44,5 Jahre) verglichen. Zirn et al. [2] verglichen ebenfalls eine jüngere Kontrollgruppe (Alter: 34 ± 9 Jahre) mit älteren CI-Nutzern (Alter: $45,6 \pm 14$ Jahre) und konnten im Vergleich von OINoise und Fastl-Rauschen kein Lückenhören nachweisen. Es zeigte sich aber eine positive Korrelation von elektrischem Dynamikbereich und SVS im modulierten Störgeräusch.

Bei älteren Probanden könnten eine verringerte zeitliche Verarbeitungsfähigkeit oder andere, möglicherweise kognitive Effekte zusätzlich zur elektrischen Stimulation eine Rolle spielen. Füllgrabe et al. [5] haben bei Senioren gegenüber jungen Menschen trotz vergleichbarer Ruhehörschwelle eine verringerte Empfindlichkeit für die Modulationsdetektion der zeitlichen Einhüllenden sowie monaural und binaural für zeitliche Feinstruktur nachgewiesen.

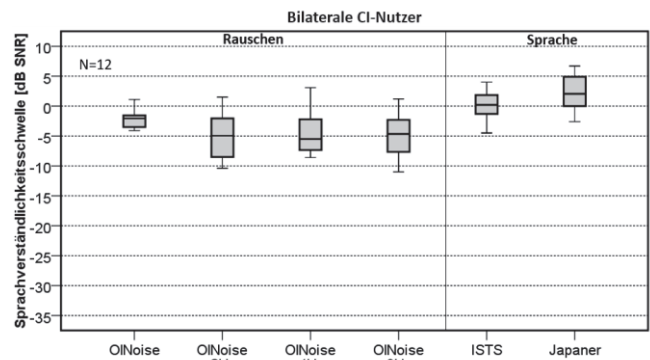


Abbildung 3: Boxplot der Sprachverständlichkeitsschwellen der bilateralen CI-Gruppe für rauschartige Störgeräusche (links) und sprachartige Störgeräusche (rechts).

Da in der vorliegenden Studie erstmals der Effekt des Lückenhörens in einem jungen Kollektiv an CI-Nutzern untersucht wurde, könnte der Altersunterschied die unterschiedlichen Ergebnisse im Vergleich mit [1,2] erklären.

Alle Hörversuche wurden mit dem Sprachprozessor des Probanden durchgeführt. Der Dynamikbereich und damit die Modulationstiefe könnte durch die adaptive Regelung der Eingangsverstärkung (engl. automatic gain control, AGC) verringert werden, sodass bei direkter Implantatstimulation ohne Sprachprozessor der Effekt des Lückenhörens möglicherweise stärker ausgeprägt sein könnte.

Zusammenfassung

Zusammenfassend zeigte sich eine geringfügige Verbesserung des Sprachverstehens von bilateral versorgten CI-Nutzern durch Modulation eines Störgeräusches. Im Gegensatz zu NH verschlechterte sich das Sprachverstehen bei sprachähnlichen Störgeräuschen mit vom kontinuierlichen Referenzschall abweichendem Spektrum signifikant.

Danksagung

Die Software zur Stimulussynthese wurde von der Firma WindAcoustics zur Verfügung gestellt.

Literatur

- [1] Rader, T., Fastl, H., Baumann, U.: Speech perception with combined electric-acoustic stimulation and bilateral cochlear implants in a multisource noise field. *Ear Hear* (2013) 34, 324–332
- [2] Zirn, S., Polterauer, D., Keller, S., Hemmert, W.: The effect of fluctuating maskers on speech understanding of high-performing cochlear implant users. *Int J Audiol* (2016) 55 (5), 295–304
- [3] Fastl, H.: Ein Störgeräusch für die Sprachaudiometrie *Audiologische Akustik* (1987) 26, 2-13
- [4] Holube, I., Fredelake, S., Vlaming, M., Kollmeier, B.: Development and analysis of an International Speech Test Signal (ISTS). *Int J Audiol* (2010) 49(12), 891-903

- [5] Füllgrabe, C., Moore, B.C., Stone, M.A.: Age-group differences in speech identification despite matched audiometrically normal hearing: contributions from auditory temporal processing and cognition. *Front Aging Neurosci.* (2015) 6, 347