

Zum Einfluss von Amplitude und Frequenz der Sprachgrundfrequenz auf Simulationen des Sprachverstehens bei Cochlea-Implantaten mit elektrisch-akustischer Stimulation (EAS)

Tobias Rader^{1,2}, Uwe Baumann¹ und Hugo Fastl²

¹ Audiologische Akustik, Klinik für HNO-Heilkunde, Goethe-Universität Frankfurt am Main
e-Mail: tobias.rader@kgu.de

² AG Technische Akustik, MMK, TU München

Einleitung

Cochlea-Implantat-(CI)-Patienten mit ausreichend tieffrequenten Restgehör zeigen bei simultaner elektrischer und akustischer Stimulation [1] am gleichen Ohr (EAS) – verglichen mit konventionell versorgten CI-Patienten – in Störgeräuschsituationen ein besseres Verstehen von Sprache [2]. Der akustisch stimulierte Frequenzbereich bis etwa 500 Hz enthält als Information im Wesentlichen die Grundfrequenz des Sprachsignals, welche sich sowohl aus Amplituden- als auch Frequenzinformation zusammensetzt. In dieser Studie wird in einem Simulationsexperiment untersucht, welche Art der Information (Amplitude oder Frequenz) stärker für das Sprachverstehen in verschiedenen Störgeräuschsituationen verantwortlich ist.

Material und Methoden

Zu diesem Zweck wurde das Sprachmaterial des Oldenburger Satztests [3] mit Hilfe computergestützter Signalverarbeitung in eine Teiltonzeitmuster-Darstellung (TTZM) überführt [4] und im Frequenzbereich auf die zwölf Mittenfrequenzen eines MED-EL DUET-Sprachprozessors reduziert (elektrischer Anteil der Stimulation, entspricht einer CI-Simulation). Die Kanalnummern entsprechen den intrakochleären Elektrodenkontakten. Die Grenzfrequenzen der zwölf Analysebänder sowie die Resynthesefrequenzen für den Sinusvocoder sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Kanalnummern und verwendete Grenzfrequenzen des MED-EL DUET-EAS-Sprachprozessors sowie die Resynthesefrequenzen der EAS-Simulation.

Kanal Nummer	Bandpass [Hz]		Resynthesefrequenz [Hz]
	Grenzfrequenz untere	obere	
1	500	637	567
2	638	807	717
3	808	1022	909
4	1023	1294	1150
5	1295	1639	1457
6	1640	2076	1845
7	2077	2628	2336
8	2629	3328	2958
9	3329	4215	3746
10	4216	5337	4743
11	5338	6759	6007
12	6760	7999	7606

Für den akustischen Anteil der EAS-Versorgung wurde die Grundfrequenz f_0 des Sprachmaterials extrahiert und additiv dem elektrischen Anteil der Simulation überlagert. Die Grundfrequenz wurde einerseits bei konstanter Frequenz ($f_0=110$ Hz) entsprechend ihrer Amplitude moduliert (nur Amplitudeninformation) und andererseits mit konstanter Amplitude entsprechend ihrer Frequenz moduliert (nur Frequenzinformation). Abbildung 1 zeigt die TTZM-Darstellung des Satzes „Stefan gewann zwölf grüne Blumen“ aus dem Oldenburger Satztest.

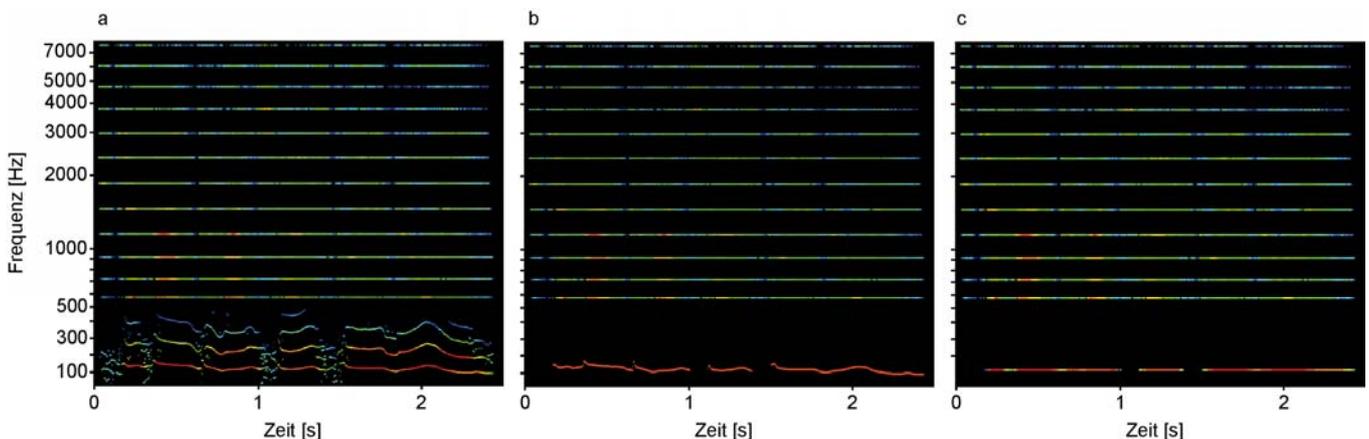


Abbildung 1: TTZM-Darstellungen des Satzes „Stefan gewann zwölf grüne Blumen“. (a) EAS-Simulation mit einer Tiefpass-Grenzfrequenz des „akustischen Anteils“ von 200 Hz. CI-Simulation mit additiver Grundfrequenz f_0 ; (b) Level der Grundfrequenz f_0 fixiert bei variabler Frequenz. (c) Grundfrequenz f_0 fixiert bei 110 Hz mit variablem Level der Grundfrequenz. Die y-Achse ist Barkskaliert.

Der „elektrische Anteil“ der Simulation ist in den zwölf Kanälen mit reduzierter Frequenzinformation über 500 Hz als horizontal verlaufende spektrale Linien zu sehen.

Verglichen wurden diese beiden Grundfrequenzvariationen mit einer „klassischen“ EAS-Simulation, bei der die Grenzfrequenz des Tiefpasses 200 Hz betrug. Der Oldenburger Satztest im Störgeräusch wurde mit dem bearbeiteten Sprachmaterial bei zwölf normalhörenden Versuchspersonen durchgeführt. Als Störgeräusch kamen das sprachmodulierte Störgeräusch nach Fastl [5] und das quasi unmodulierte Rauschen des Oldenburger Satztests (OLnoise) zum Einsatz, wobei das Störgeräusch der gleichen Signalverarbeitung zugeführt wurde, wie das Sprachmaterial. Die statistische Auswertung auf signifikante Unterschiede erfolgte mit dem T-Test für gepaarte Stichproben.

Ergebnisse

Die Medianwerte der Sprachverständlichkeitsschwellen (SVS) zeigen in beiden Störgeräuschbedingungen einen Unterschied zwischen den Darbietungen mit fixierter Frequenz und den Darbietungen mit fixiertem Pegel (Abbildung 2). In der Störgeräuschbedingung „Fastlrauschen“ beträgt der Unterschied 2.1 dB SNR (SVS Frequenz fix: 0.8 dB SNR; SVS Level fix: 2.9 dB SNR), in der Störgeräuschsituation „OLnoise“ fällt die Verbesserung mit 1.0 dB SNR (SVS Frequenz fix: 2.7 dB SNR; SVS Level fix: 3.7 dB SNR) geringer aus. Diese Unterschiede zeigen jedoch nur eine Tendenz auf und unterscheiden sich aufgrund der nur geringen Probandenzahl nicht auf signifikantem Niveau.

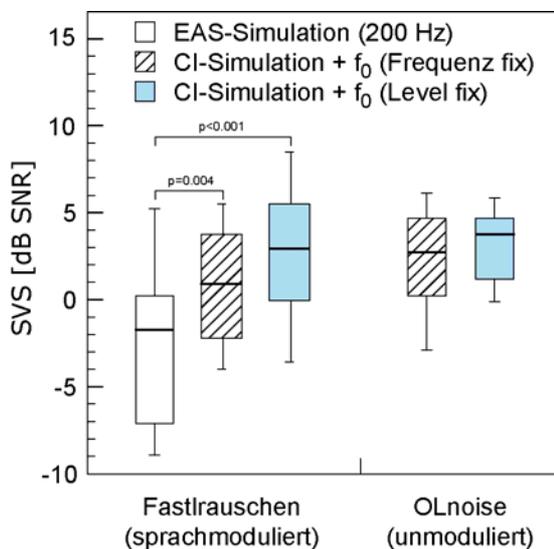


Abbildung 2: Sprachverständlichkeitsschwellen (Boxplot mit Median, Quartilen und Maximalwerten) für die EAS-Simulation im Fastl-rauschen mit einer akustischen Grenzfrequenz von 200 Hz (weiß) und die Konditionen CI-Simulation mit additiver Grundfrequenz f_0 für Frequenz fixiert (schraffiert) und Level fixiert (blau) für Fastl- und Oldenburger Rauschen.

Werden die Sprachverständlichkeitswerte einer EAS-Simulation mit einer Grenzfrequenz des „akustischen Anteils“ von 200 Hz (SVS=-1.8 dB SNR) im Störgeräusch nach Fastl mit den oben gezeigten Werten verglichen, zeigen sich auf signifikantem Niveau ungünstigere Medianwerte im Sprachverstehen für die fixierte Frequenz ($p=0.004$) und den fixierten Level ($p<0.001$).

Diskussion

Die Ergebnisse zeigen im kontinuierlichen - und etwas ausgeprägter im modulierten Störgeräusch - eine verbesserte SVS durch die Amplitudeninformation der Sprach-Grundfrequenz verglichen zu der Tonhöheninformation. Der Effekt ist bei beiden Störgeräuschen vorhanden, jedoch nicht auf einem signifikanten Niveau nachweisbar. Das sprachähnlich modulierte Störgeräusch nach Fastl erweist sich durch einen größeren Unterschied der Medianwerte als sensitiver für kleine Informationsänderungen (Frequenz fix vs. Level fix).

Eine Reduktion des tieffrequenten „akustischen Anteils“ von einer EAS-Simulation mit einer akustischen Grenzfrequenz von 200 Hz nur auf die Grundfrequenz-Komponente bewirkt eine signifikante Verschlechterung der SVS im Störgeräusch. Restgehör bei Cochlea-Implantat-Patienten sollte daher bei einer Implantation so weit wie möglich erhalten bleiben.

Literatur

- [1] Von Ilberg, C., Kiefer J. Tillein J. Pfenningdorff T. Hartmann R. Sturzebecher E. Klinke R.: Electric-acoustic stimulation of the auditory system – New technology for severe hearing loss. *Orl-Journal for Oto-Rhino-Laryngology and Its Related Specialties*, 61:334–340, 1999.
- [2] Rader, T., Schmiegelow C. Baumann U. Fastl H.: Oldenburger Satztest im "Multi-Source Noise Field" mit unterschiedlichen Modulationscharakteristika. In: Jekosch, U. und R. Hoffmann (Hrsg): *Tagungsband Fortschritte der Akustik - DAGA 2008*, Dresden, S. 663–664, 2008.
- [3] Wagener, K., Kühnel V. Kollmeier B.: Entwicklung und Evaluation eines Satztests in deutscher Sprache I: Design des Oldenburger Satztests (Development and evaluation of a German sentence test I: Design of the Oldenburger sentence test). *Z Audiol*, 38(1): 4–15, 1999.
- [4] Heinbach, W.: Aurally adequate signal representation: The Part-Tone-Time-Pattern. *Acustica*, 67:113–121, 1988.
- [5] Fastl, H.: A background noise for speech audiometry. *Audiol. Acoustics*, 26:2–13, 1987. URL: <http://www.mmk.ei.tum.de/~tal/demos/noise.html>