

Zusammenhang von Höranstrengung, Sprachverständlichkeit und STI bei Schwerhörenden

Kristina Haeder¹, Henning Schepker², Inga Holube¹, Jan Rennies³

¹ *Institut für Hörtechnik und Audiologie, Jade Hochschule Oldenburg, Oldenburg,
Email: kristina.haeder@jade-hs.de; inga.holube@jade-hs.de*

² *Department of Medical Physics and Acoustics, Universität Oldenburg, Oldenburg, Email: henning.schepker@uni-oldenburg.de*

³ *Fraunhofer IDMT, Hör-, Sprach-, und Audiotechnologie, Oldenburg, Email: jan.rennies@idmt.fraunhofer.de*

Einleitung

Sowohl im privaten Bereich als auch am Arbeitsplatz ist Sprache häufig durch Störgeräusche und/oder Nachhall beeinflusst. Schwerhörende (SH) empfinden in diesen Situationen gegenüber Normalhörenden (NH) typischerweise eine erhöhte Höranstrengung und weisen ein verringertes Sprachverstehen auf. Eine erhöhte Höranstrengung kann sowohl bei NH als auch bei SH Auswirkungen auf die Leistungs- und Konzentrationsfähigkeit haben. In [1] wurde der Einfluss von Nachhall und Störgeräusch auf die Sprachverständlichkeit (SV) untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass unabhängig vom relativen Beitrag des Störgeräusches und des Nachhalls Konditionen mit demselben Speech Transmission Index (STI, [2]) eine konstante SV aufweisen. Weitere Studien [4, 5] postulierten den STI ebenfalls als geeigneten Prädiktor für die Höranstrengung. Motiviert durch diesen Zusammenhang wurden in [3] systematisch verschiedene Kombinationen von Nachhall und Störgeräusch, welche zum gleichen STI führen, im Hinblick auf die SV und die wahrgenommene Höranstrengung bei NH untersucht. Daraus wurde die Hypothese abgeleitet, dass die Höranstrengung in Konditionen mit gleichem STI konstant sein müsste, wenn der STI ein guter Prädiktor für die Höranstrengung ist. Obwohl diese Hypothese nicht eindeutig bestätigt werden konnte, deuteten die Ergebnisse darauf hin, dass mit Hilfe des STI eine quantitative Vorhersage der Höranstrengung in den meisten Situationen möglich ist. In dieser Studie soll nun die in [3] aufgestellte Hypothese an schwerhörenden Probanden überprüft werden.

Experimente

Zur Überprüfung der Hypothese bewerteten 21 Probanden mit einem leichten bis mittleren Hochton-Hörverlust (HV) die Höranstrengung in vier Konditionen und bei fünf unterschiedlichen STIs mit einem subjektiven Skalierungsverfahren. Weiterhin wurde in zwei Konditionen und bei fünf unterschiedlichen STIs die SV bestimmt. Die verschiedenen STIs wurden hierzu durch unterschiedliche Kombinationen von Störschall und Nachhall erzeugt. Das Sprachmaterial bestand aus Sätzen des Oldenburger Satztests (OLSA)[6], als Störgeräusch diente ein auf das Satzmaterial abgestimmtes sprachsimulierendes Rauschen. Die Sprache wurde bei einem Pegel dargeboten, der einer subjektiven Lautheit von 19 cu entsprach, welche über eine kategoriale Lautheitsskalierung ermittelt wurde [7]. Die Bewertung der Höranstrengung erfolgte

auf einer 13-stufigen Kategorienskala von „mühe los“ (1 Kategorieeinheit, ESCU) bis „extrem anstrengend“ (13 ESCU) und wurde von jedem Probanden für jeden Messpunkt sechsmal bestimmt. Der Median dieser sechs Wiederholungen ergab die endgültige Bewertung. Die SV wurde als korrekt verstandener Anteil der dargebotenen Worte in der gewählten Messbedingung gewertet. Alle Konditionen sind in Abb. 1 auf Kurven gleichen STIs dargestellt. Zur Berechnung des STI wurde wie in [1, 3] vereinfacht angenommen, dass sowohl der SNR als auch die Nachhallzeit frequenzunabhängig sind. In Kondition 1 wurde als einziger Störfaktor ein stationäres Rauschen gewählt, während in Kondition 4 die gleichen STIs mit Hilfe von Nachhall erzeugt wurden. In den Konditionen 2 und 3 wurde ein konstanter SNR gewählt und die STIs durch Variationen der Nachhallzeit erreicht. Der Nachhall in den Konditionen 2-4 wurde durch Faltung sowohl mit durch exponentiell abfallendem weißen Rauschen simulierten Impulsantworten (IRs) als auch mit realen IRs erzeugt. Die realen IRs wurden so gewählt, dass sie den STI-Werten der simulierten IRs bestmöglich entsprachen.

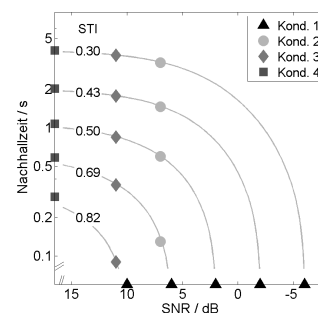


Abbildung 1: STI als Funktion des SNR und der Nachhallzeit. Dargestellt sind Kurven gleichen STIs. Die Symbole zeigen die untersuchten Konditionen.

Höranstrengung und STI

Abb. 2 zeigt die Ergebnisse der Höranstrengungsmessung in Abhängigkeit vom STI für die durch weißes Rauschen simulierten IRs (links) und die realen IRs (rechts). Im Vergleich von Kondition 1 und 4 zeigt sich bei der Nutzung des weißen Rauschens, dass die Höranstrengung in Kondition 4 (nur Nachhall) etwas geringer bewertet wird als in Kondition 1 (nur Störgeräusch). Dies lässt sich bei der Verwendung der realen IRs nicht beobachten. Bei diesen wird die Höranstrengung für Kondition 4 gene-

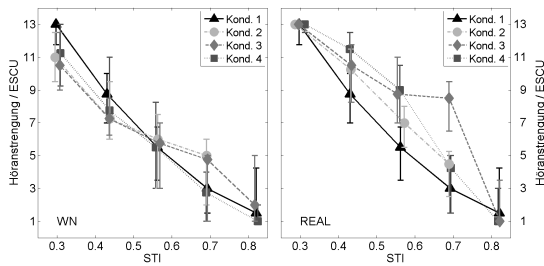


Abbildung 2: Ergebnisse der Höranstrengungsmessung unter Verwendung der durch weißes Rauschen simulierten (links) und realen IRs (rechts) in Abhängigkeit vom STI. Die Fehlerbalken geben Interquartilsparitäten an. Zur Verbesserung der Übersichtlichkeit sind die Kurven leicht versetzt dargestellt.

rell höher als für Kondition 1 angegeben. Die Analyse der Rangkorrelation von Kondition 1 und den Konditionen 2-4 unter Verwendung der individuellen Medianwerte ergibt eine hohe Übereinstimmung ($\rho > 0,79$) der unterschiedlichen Konditionen. Es lässt sich jedoch in Abb. 2 erkennen, dass trotz hoher Korrelation deutliche Unterschiede zwischen den Konditionen für reale IRs auftreten.

Sprachverständlichkeit und STI

In Abb. 3 sind die Ergebnisse der SV-Messung aufgetragen. Diese wurde nur für ein Subset an Konditionen durchgeführt. Eine optimale SV ergibt sich in allen Konditionen für STIs oberhalb von ca. 0,70. Für niedrigere STIs zeigen sich Unterschiede in der SV in Abhängigkeit der untersuchten Kondition. Auffallend groß sind die Unterschiede zwischen Kondition 1 und Kondition 4 mit realen IRs. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass für das gewählte Sprachmaterial eine Annahme konstanter SV bei konstantem STI für SH nicht zutrifft.

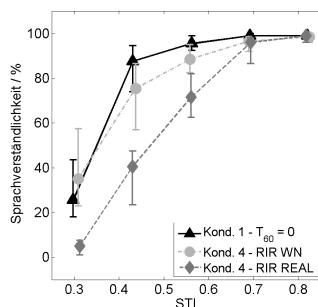


Abbildung 3: Ergebnisse der SV-Messung unter Verwendung der durch weißes Rauschen simulierten und realen IRs in Abhängigkeit vom STI. Die Fehlerbalken geben Interquartilsparitäten an.

Höranstrengung und SV

Bei einem Vergleich der Ergebnisse bezüglich der durch weißes Rauschen simulierten IRs aus Abb. 2 und 3 wird deutlich, dass für niedrige STIs ($< 0,45$) eine Bewertung der SV differenzierte Ergebnisse liefert, während die Höranstrengung nahe dem Maximalwert von 13 ESCU liegt. Bei höheren STIs ($> 0,45$) stellt sich dies umgekehrt dar. Bei fast optimaler SV zeigt die Höranstrengung noch differenzierte Unterschiede. Es wird deutlich, dass

bei der Bewertung akustischer Situationen über einen größeren Bereich von STIs eine Kombination der SV und Höranstrengung sinnvoll ist.

Zusammenfassung

In dieser Studie wurden die Höranstrengung und die SV systematisch für unterschiedliche STIs bei SH bestimmt. Die Ergebnisse zeigen für die SH eine stärkere Beeinträchtigung, d.h. eine schlechtere SV durch Nachhall als durch das Störgeräusch bei gleichem STI. Innerhalb der Nachhallsituationen führen die Situationen mit realen IRs zu einer höheren Beeinträchtigung als diejenigen mit der Simulation durch weißes Rauschen. Eine mögliche Ursache könnte die Interaktion von HV und spektraler Färbung der realen IRs sein, dies gilt es in weiteren Analysen zu untersuchen. Insgesamt zeigt sich, dass sich SV und Höranstrengung bei der Bewertung einer akustischen Situation gut ergänzen. Somit sollte in Situationen mit höherem STI bevorzugt die Höranstrengung herangezogen werden.

Danksagung

Gefördert durch den Forschungsschwerpunkt „Hören im Alltag Oldenburg“ (HALLO).

Literatur

- [1] George, E.L.J., Goverts, S.T., Festeb, J., und Houtgast, T. (2010), „Measuring the effects of reverberation and noise on sentence intelligibility for hearing-impaired listeners“, *J. Speech Lang. Hear. Res.* 53, 1429-1439.
- [2] Houtgast, T. und Steeneken, H.J.M. (1985), „A review of the mtf concept in room acoustics and its use for estimating speech intelligibility in auditoria“, *J. Acoust. Soc. Am.* 77(3), 1069-1077.
- [3] Schepker, H., Rannies, J., Holube, I., und Kollmeier, B. (2012), „Zusammenhang von Höranstrengung, Sprachverständlichkeit und STI“, Beitrag zur DAGA 2012, Darmstadt, Deutschland.
- [4] Sato, H., Morimoto, M., Sato, H., und Wada, M. (2008), „Relationship between listening difficulty and acoustical objective measures in reverberant sound fields“, *J. Acoust. Soc. Am.* 123(4), 2087-2093.
- [5] Schepker, H., Rannies, J., Holube, I., und Kollmeier, B. (2011), „Kontinuierliche Messung und Vorhersage von Höranstrengung“, Fortschritte der Akustik, Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V., Düsseldorf, Deutschland, 589-590.
- [6] Wagener, K., Kühnel, V., und Kollmeier, B. (1999), „Entwicklung und Evaluation eines Satztests für die deutsche Sprache I: Design des Oldenburger Satztests“, *Z. Audiol.* 38, 4-15.
- [7] Brand, T. und Hohmann, V. (2002), „An adaptive procedure for categorical loudness scaling“, *J. Acoust. Soc. Am.* 112, 1597