

Sprachverständlichkeit in räumlichen Störgeräuschsituationen

R. Beutelmann, T. Brand

Medizinische Physik, Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg

Einleitung

Binaurales Hören ist wichtig für das Sprachverstehen in störrauschbelasteter Umgebung. Durch Auswertung unterschiedlicher interauraler Zeit- und Pegeldifferenzen räumlich getrennter Nutz- oder Störschallquellen kann die Sprachverständlichkeitsschwelle L_{50} (Signal-Rausch-Verhältnis, das zu einer Verständlichkeit von 50% führt) um bis zu 12 dB verbessert werden. Eine beidohrige Hörgeräteversorgung greift in die interauralen Relationen, insbesondere die Pegeldifferenzen, ein, und kann die oft bereits durch den Hörverlust gestörte binaurale Verarbeitung behindern. Es besteht die Frage, inwieweit dies den Nutzen einer beidohrigen Hörgeräteversorgung einschränkt. Binaurale Sprachverständlichkeitsmessungen im Freifeld mit dem Oldenburger Satztest im Störgeräusch (Wagener et al., 1999) zeigten, dass durch eine beidohrige Hörgeräteversorgung eine individuelle Verbesserung des L_{50} um bis zu 5,5 dB gegenüber der monaural versorgten Situation erreicht werden konnte, aber auch eine individuelle Verschlechterung um bis zu 5,2 dB.

Der Einfluss einer linearen beidohrigen Hörgeräteversorgung auf die Sprachverständlichkeit in räumlichen Störgeräuschsituationen wurde in dieser Studie sowohl durch binaurale Sprachverständlichkeitsmessungen als auch durch Modellieren dieser Messdaten mit dem auf der letztjährigen DGA-Jahrestagung vorgestellten Modell der binauralen Sprachverständlichkeit (Beutelmann et al., 2004) untersucht.

Messungen

Es wurden zwei Messreihen durchgeführt. In beiden Messreihen wurde der Oldenburger Satztest (Wagener et al., 1999) im Störgeräusch mit Listen von 20 Sätzen verwendet, wobei der L_{50} adaptiv bestimmt wurde. Der Störgeräuschpegel (vor dem simulierten Hörgerät) betrug in der ersten Messreihe 70 dB SPL, in der zweiten Messreihe 50 dB SPL.

Sprache und eine Störgeräuschquelle wurden mithilfe von virtueller Akustik, realisiert durch Faltung der Signale mit HRTFs (head related transfer functions), räumlich positioniert über Kopfhörer dargeboten. Das Sprachsignal kam immer von vorne (0°), das Störgeräusch wurde in der Horizontalebene unter einem Winkel von 0° , -45° oder 45° dargeboten.

Für jede Situation wurden in der ersten Messreihe in drei verschiedenen virtuellen raumakustischen Umgebungen (reflexionsarm, Büroraum und Cafeteria, Nachhallzeiten: $< 0,1$ s; $0,6$ s; $1,3$ s) die Sprachverständlichkeitsschwellen bestimmt, in der zweiten Messreihe wurde nur die Cafeteria-Umgebung benutzt.

Als Hörgerät kam das vom Kompetenzzentrum Hör-Tech entwickelte Master Hearing Aid (MHA) zum Einsatz. Dieses wurde mit dem Ziel der Lautheitsrestauration linear angepasst. In der ersten Messreihe wurde die fre-

quenzabhängige Verstärkung beidohrig aufgrund einer vorher gemessenen Lautheitsskalierung eingestellt, in der zweiten Messreihe aus der Hör- und Unbehaglichkeitsschwelle interpoliert und sowohl beidohrig als auch nur auf dem individuell besseren Ohr eingeschaltet. Als Referenz wurden alle Situationen auch unversorgt gemessen.

An der Studie nahmen insgesamt sieben schwerhörnde Probanden teil, davon vier in der ersten Messreihe und vier in der zweiten Messreihe. Die Hörverluste sind in den Ergebnisgrafiken dargestellt.

Modell

Das Modell zur Vorhersage der Sprachverständlichkeitsschwelle für binaurale Signale unter dem Einfluss von Störgeräuschen, Raumakustik und Hörverlust arbeitet mit Wellenformen, d.h. mit Kunstkopfaufnahmen oder mit HRTFs gefalteten Signalen. Zu den beiden Störgeräuschkanälen (die getrennt von den beiden Sprachsignalkanälen vorliegen müssen) werden aus den Hörschwellen für das linke bzw. rechte Ohr generierte, unkorrelierte Maskierungsrauschen addiert. Dann werden Sprache und Störgeräusch in 30 Frequenzbänder zwischen 140 Hz und 9 kHz aufgeteilt. In jedem Frequenzband wird das Signal-Rausch-Verhältnis (signal-to-noise-ratio, SNR) maximiert, indem ein Kanal gegenüber dem anderen zeitverzögert und abgeschwächt wird und die Kanäle dann voneinander abgezogen werden. Die optimalen Parameter werden numerisch gesucht. Die resultierenden monauralen Signale in den Frequenzbändern werden mehrfach mit leicht um das Optimum verschobenen Parametern zu breitbandigen Signalen resynthetisiert, um die menschliche Ungenauigkeit mithilfe einer Monte-Carlo-Methode zu simulieren. Für jedes dieser breitbandigen Signale wird über den Speech Intelligibility Index (SII, ANSI S3.5-1997) eine Sprachverständlichkeitsschwelle errechnet. Das Mittel über diese Schwellen ist dann die vorhergesagte Schwelle. Details des Modells finden sich in Beutelmann und Brand (2005). Zur Vorhersage der versorgten Schwellen wurden die Eingangssignale mit denselben individuellen Verstärkungsfaktoren wie in den jeweiligen Messungen vorverarbeitet.

Ergebnisse und Diskussion

In Abb. 1 sind die Ergebnisse der ersten Messreihe dargestellt. Bei Störgeräuscheinfall aus derselben Richtung wie die Sprache, also 0° , zeigen alle vier Probanden ähnliche unversorgte Schwellen. Im Vergleich mit den Schwellen für Normalhörende in diesen Situationen (Reflexionsarm: $-8,0$ dB SNR, Büroraum: $-7,4$ dB SNR, Cafeteria: $-7,6$ dB SNR) sind die hier gemessenen Schwellen nur leicht (max. $+3$ dB) erhöht. Der binaurale Gewinn jedoch variiert stark interindividuell und abhängig vom Raum zwischen 0 und 6 dB. Die Schwellen mit beidohriger Inearer Versorgung unterscheiden sich größtenteils im Rahmen der Messgenauigkeit (ca. 1 dB) nicht von den

unversorgten Schwellen, in einzelnen Situationen ergab sich eine leichte Verbesserung (Proband dm, reflexionsarm -45° und Büroraum -45° , Proband pg, Büroraum $+45^\circ$), in einem Fall sogar eine Verschlechterung (Proband pg, Cafeteria, $+45^\circ$). Die Modellvorhersagen zeigen keinen so starken Effekt, aber eine Tendenz in die richtige Richtung in den genannten Situationen. Im Allgemeinen

sind die absoluten vorhergesagten Schwellen zu niedrig, allerdings nahezu gleichmäßig über alle Situationen. Offensichtlich lag in dieser Messreihe der Pegel von Sprache und Störgeräusch hoch genug über den Hörschwellen, um durch lineare Verstärkung keinen weiteren Effekt zu erhalten.

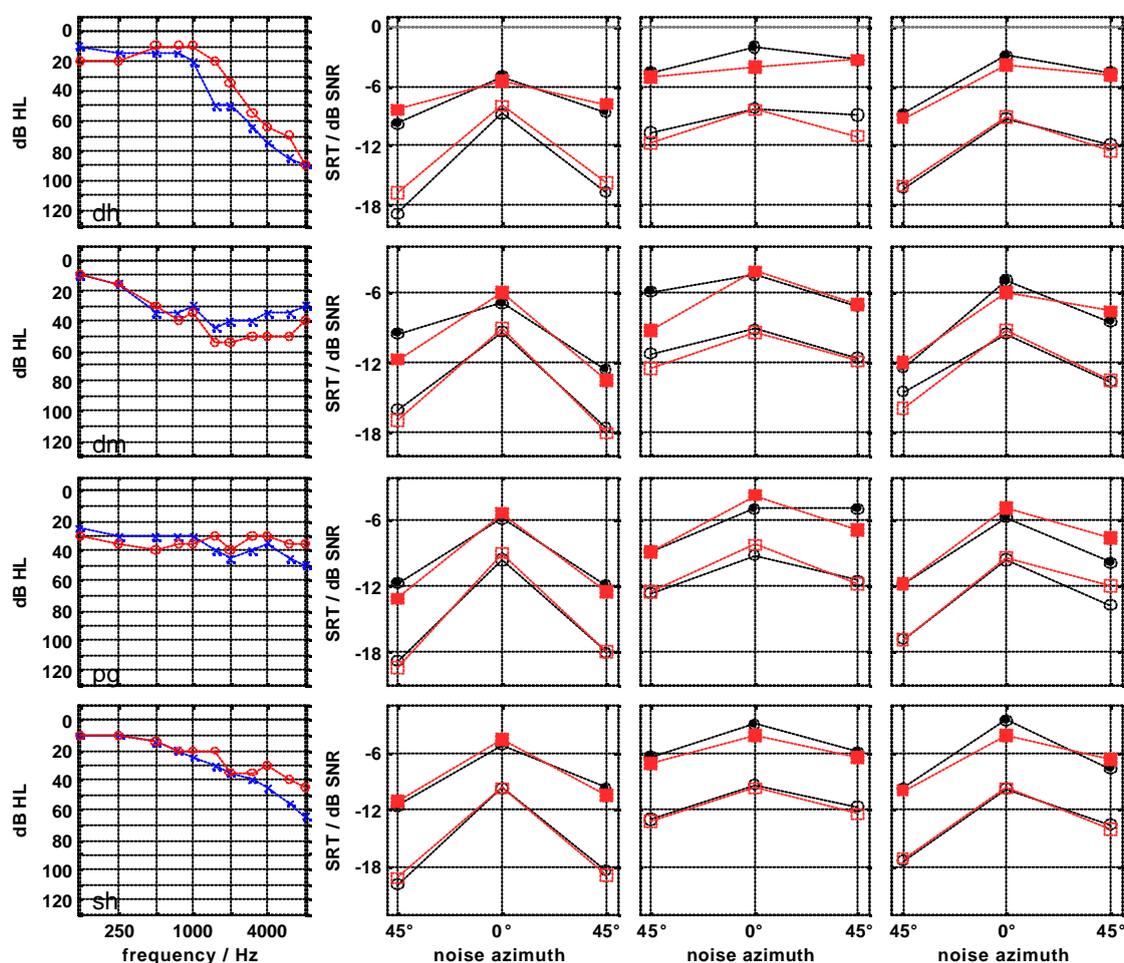


Abb. 1: Audiogramme und Sprachverständlichkeitsschwellen für vier Probanden aus der ersten Messreihe. In jeder Zeile sind das individuelle Audiogramm sowie die Vorhersagen und Messergebnisse für drei verschiedene Raumumgebungen (Reflexionsarm, Büroraum und Cafeteria) dargestellt. In den einzelnen Panels sind die Sprachverständlichkeitsschwellen über der Richtung des Störgeräuschs aufgetragen, und zwar jeweils für die unversorgte Messung (schwarze gefüllte Kreise), die beidohrig versorgte Messung (rote gefüllte Quadrate) und die Vorhersagen für die unversorgte (schwarze offene Kreise) und beidohrig versorgte (rote offene Quadrate) Situation.

In Abb. 2 sind die Ergebnisse der zweiten Messreihe dargestellt. Die gemessenen Schwellen unterscheiden sich hier interindividuell ganz erheblich, was daran liegt, dass der Störgeräuschpegel in dieser Messreihe niedriger gewählt wurde und damit die Hörschwelle einen wesentlich stärkeren Einfluss auf die Ergebnisse erhält. Je nach Stärke und Art des Hörverlustes kann hier eine lineare Verstärkung schon bei der Situation mit Störgeräusch von vorne (0°), welche kaum binaurale Verarbeitung zulässt, ein großer Gewinn erreicht werden, insbesondere bei Proband fw. Eine Versorgung auf dem besseren Ohr hat im

Allgemeinen nur einen Effekt, falls auch in der 0° -Situation eine Verbesserung erreicht wird. Bei Proband bf verschlechtert sich das Ergebnis durch einohrige Versorgung sogar bei Störgeräuscheinfall von rechts. Erst eine beidohrige Hörgeräteversorgung kann einen Gewinn in der Sprachverständlichkeitsschwelle für alle Situationen und Probanden erzielen. Für diese Messreihe kann das Modell relative Effekte gut vorhersagen, die absoluten Schwellen sind jedoch noch nicht befriedigend darstellbar.

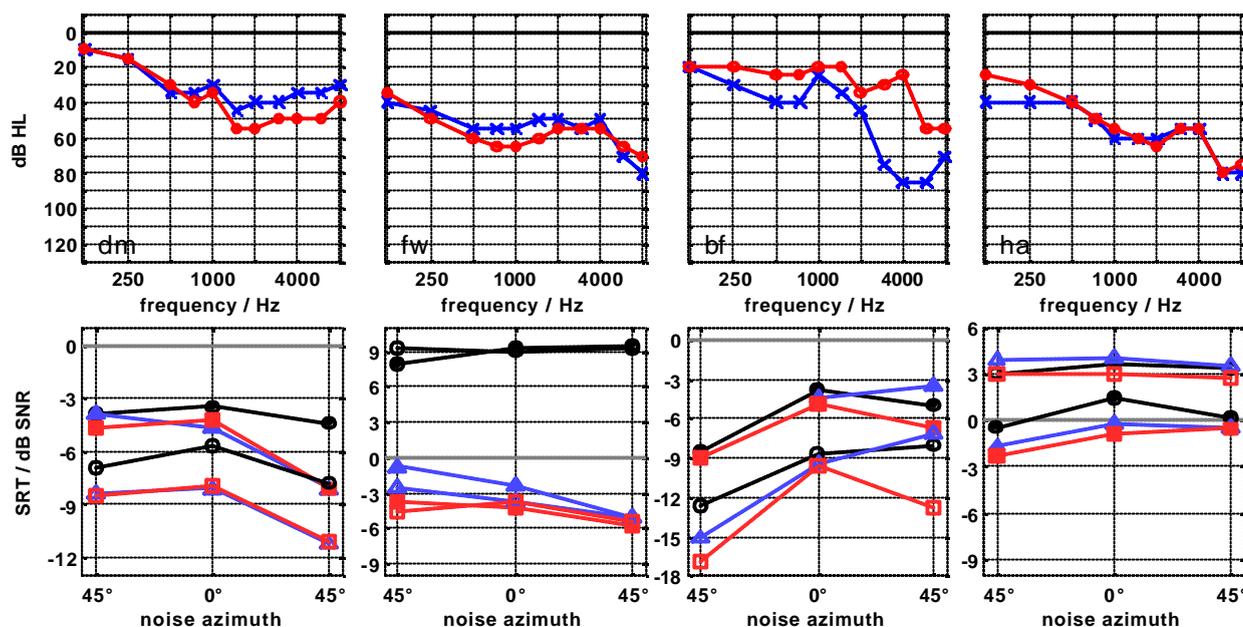


Abb. 2: Audiogramme und Sprachverständlichkeitsschwellen für vier Probanden aus der ersten Messreihe, hier in Spalten. Es sind untereinander das individuelle Audiogramm sowie die Vorhersagen und Messergebnisse für die Cafeteria dargestellt. Die Sprachverständlichkeitsschwellen sind über der Richtung des Störgeräuschs aufgetragen, und zwar jeweils für die unversorgte (schwarze gefüllte Kreise), die beidohrig versorgte (rote gefüllte Quadrate) und die am besseren Ohr versorgte (gefüllte blaue Dreiecke) Messung und die Vorhersagen für die unversorgte (schwarze offene Kreise) und beidohrig versorgte (rote offene Quadrate) und die einohrig versorgte (offene blaue Dreiecke) Situation.

Zusammenfassung

In dieser Studie, in der der Effekt von ein- und beidohriger linearer Hörgeräteversorgung auf das binaurale Sprachverstehen untersucht und durch ein Modell vorhergesagt wurde, konnte gezeigt werden, dass bei weit überschwelliger Darbietung von Sprache und Störgeräusch nur in Einzelfällen ein binauraler Gewinn durch die Hörgeräteversorgung erreicht wird, teilweise sogar ein Verschlechterung. Bei schwelennaher Darbietung von Sprach und Störgeräusch kann lineare Hörgeräteversorgung jedoch, abhängig vom Hörverlust, einen positiven Effekt auf die Sprachverständlichkeit haben. Der binaurale Gewinn wird allerdings nur durch beidohrige Versorgung erhalten oder verbessert.

Diese Effekte konnten durch das Modell intraindividuell vorhergesagt werden. Interindividuell scheidet die Vorhersage noch an der unbefriedigenden Vorhersage absoluter Schwellen. In einer weiteren Studie (Brand und Beutelmann, 2005) werden jedoch Ansätze gezeigt, mit denen die absoluten Vorhersagefehler mithilfe eines großen Probandenkollektivs verringert werden können.

Gefördert vom Internationalen Graduiertenkolleg „Neurosensorik“ und vom BMBF (Kompetenzzentrum HörTech).

Literatur

- ANSI (1997) Methods for the Calculation of the Speech Intelligibility Index. American National Standard S3.5-1997, Standards Secretariat, Acoustical Society of America
- Beutelmann R, Brand T, Kollmeier B (2004) Sprachverständlichkeit in räumlichen Störgeräuschsituationen. ZfA, Suppl. 7, auf CD
- Beutelmann R, Brand T (2005): Prediction of speech intelligibility in spatial noise and reverberation for normal-hearing and hearing-impaired listeners. J. Acoust. Soc. Am., in Revision
- Brand T, Beutelmann R (2005): Examination of an EC/SII based model predicting speech reception thresholds of hearing-impaired listeners in spatial noise situations. In: "Hearing Aid Fitting", Proc. of the 21. Danavox Symposium 2005, im Druck
- Wagner K, Brand T, Kühnel V, Kollmeier B (1999): Entwicklung und Evaluation eines Satztests für die deutsche Sprache I–III: Design, Optimierung und Evaluation des Oldenburger Satztests. ZfA, 38 (1– 3)