

Einfluß von Störgeräusch und Meßprozedur auf die Sprachverständlichkeit bei Schwerhörenden

Kirsten Wagener, Thomas Brand, Birger Kollmeier

Medizinische Physik, Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg, D-26111 Oldenburg

Einleitung

Nicht nur über unterschiedliche Länder hinweg, sondern auch innerhalb Deutschlands werden in der Sprachaudiometrie eine Vielzahl verschiedener Tests angewendet, um dieselbe Größe zu bestimmen. Es ist dabei fraglich, ob die erzielten Ergebnisse vergleichbar sind. In dieser Studie soll untersucht werden, inwieweit die Ergebnisse von der Art der Messung beeinflusst werden, wenn immer derselbe Sprachverständlichkeitstest durchgeführt wurde. Auf der DAGA2000 wurden Messungen mit normalhörenden Probanden vorgestellt (Wagener et al., *Einfluß verschiedener Parameter auf die Sprachverständlichkeit im Störgeräusch*, Fortschritte der Akustik, DAGA2000, DEGA Oldenburg). Im folgenden werden zunächst die Ergebnisse dazu vergleichbarer Messungen mit schwerhörenden Probanden dargestellt (Vergleichsmessungen). Danach werden Messungen mit den schwerhörenden Probanden in Ruhe und mit veränderten modulierten Störgeräuschen vorgestellt.

Vergleichsmessungen

Mit 10 schwerhörenden Probanden (3 Frauen, 7 Männer, mittleres Alter: 70,3 Jahre) wurden in einer schallisolierten Hörkabine monaurale Test-Retest Messungen mit dem Oldenburger Satztest über Kopfhörer (Sennheiser HDA200, freifeldentzerrt) in unterschiedlichen Meßkonfigurationen durchgeführt. Es wurden bei jeder Messung die Sprachverständlichkeitsschwelle L_{50} (Signal-Rausch-Verhältnis, bei dem 50% verstanden wurde) und die zugehörige Steigung m unter der Verwendung von 30 Testsätzen pro Messung bestimmt. Die Reihenfolge der gemessenen Konfigurationen wurde verwürfelt. Vor jeder Sitzung wurde eine Übungsliste durchgeführt (vor der ersten Sitzung zwei). Um für jeden Probanden bei vergleichbaren Lautheiten zu messen, wurde vor den Satztestmessungen eine breitbandige Lautheitsskalierung durchgeführt.

Die Meßkonfigurationen unterschieden sich in folgenden Parametern: **Rauschpegel:** 65 und 85 dB SPL sowie 15, 20, 25 cu (gleiche Lautheit, entsprechend leise, leise bis mittellaut, mittellaut); als Maximalpegel wurden 85 dB SPL dargeboten;

Rauschart: *olnoise*, *icra1*, *icra5* und *icra7*; *olnoise* ist das aus dem Sprachmaterial des Oldenburger Satztests generierte unmodulierte sprachsimulierende Rauschen; Die ICRA-Rauschen (International Collegium of Rehabilitative Audiology) unterscheiden sich durch die Art ihrer Modulationen. *icra1*: unmoduliert, *icra5*: wie ein männlicher Sprecher moduliert, *icra7*: wie 6 SprecherInnen moduliert.

Darbietungsart: *synch*, *kont*, *inv*; *synch* bezeichnet die zum Sprachmaterial synchrone Störgeräuschdarbietung, das Rauschen setzt 0,5 s vor jedem Satzbeginn ein und endet jeweils 0,5 s nach dem Satzende. Im Gegensatz dazu bedeutet *kont* die Verwendung eines kontinuierlichen Störgeräuschs. In der Meßkonfiguration *inv* wurde der Sprachpegel konstant gehalten und der Störgeräuschpegel adaptiv verändert. In allen anderen Konfigurationen war es umgekehrt (fester Rauschpegel).

Pro Meßkonfiguration wurde jeweils nur ein Parameter variiert. Die ‚Grundeinstellung‘ war: Rauschpegel entsprechend 25 cu, Rauschart *olnoise*, Darbietungsart *synch*.

Vergleich Normalhörende / Schwerhörende

Bei den Test-Retestmessungen mit Normalhörenden zeigte sich ein Lerneffekt zwischen erster und zweiter Messung der Sprachverständlichkeitsschwelle von 0,7 dB (Median), in 84% der Messungen war die Wiederholungsmessung besser. Bei den Schwerhörenden beträgt der Lerneffekt im Median lediglich 0,2 dB und tritt bei 61% der Messungen auf.

Der Median der Steigung an der Sprachverständlichkeitsschwelle beträgt bei den Normalhörenden 17,3%/dB, bei den Schwerhörenden 14,9%/dB. Durch die noch recht hohe Steigung bei den schwerhörenden Probanden können die jeweiligen Schwellen auch relativ genau bestimmt werden, die Unterscheidung zwischen Normal- und Schwer-

hörenden allein aufgrund der Steigung fällt jedoch schwer.

Die intraindividuellen Standardabweichungen der Schwellenmessungen sind bei den normalhörenden Versuchspersonen entweder kleiner oder gleich der interindividuellen Standardabweichungen. Bei den Schwerhörenden sind die intraindividuellen Standardabweichungen immer kleiner als die interindividuellen, daher kann zwischen den Schwellen der einzelnen schwerhörenden Probanden unterschieden werden.

Mit Hilfe der einfachen Varianzanalyse sowie einem nachgeschalteten LSD-Test (Least Significant Difference Test, ein ‚konservativer‘ Test) wurde der Einfluß der einzelnen Parameterkonfigurationen untersucht:

Rauschpegel: Der Absolutpegel des Störgeräuschs hat weder für die Normalhörenden noch für die Schwerhörenden einen Einfluß auf Schwelle und Steigung. Bei den Schwerhörenden ist ein Trend erkennbar, daß der L_{50} schlechter ist, wenn das Störgeräuschen unterhalb der Hörschwelle liegt.

Darbietungsart: Die Verwendung von kontinuierlichem Rauschen führt bei den Normalhörenden zu signifikant niedrigeren Schwellen, bei den Schwerhörenden ist dergleichen als Trend zu erkennen, jedoch nicht statistisch signifikant (LSD-Test). Die Darbietungsarten mit unterbrochenem Störgeräusch (*synch* und *inv*) zeigen keinen Unterschied.

Rauschart: Die beiden unmodulierten Störgeräusche *olnoise* und *icra1* zeigen bei Normal- und Schwerhörenden keinen Unterschied. Mit zunehmender Modulationsstärke wird der L_{50} bei Normalhörenden besser: *icra5* führt zu einer niedrigeren Schwelle als *icra7*. Bei den Schwerhörenden zeigt sich im Mittel das gleiche Bild, jedoch tritt bei den modulierten Rauschen eine Art Aufspaltung der L_{50} -Werte auf: ein Teil der Probanden können wie die Normalhörenden von den Modulationstälern profitieren, sie zeigen eine deutlich niedrigere Schwelle bei *icra5*; es gibt jedoch auch Schwerhörende, die keinen Gewinn durch die Modulationen erzielen (vgl. Abb. 1).

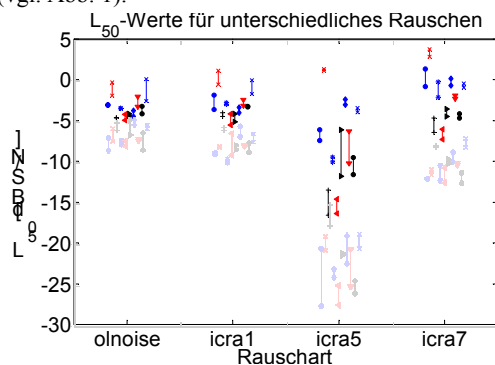


Abbildung 1: L_{50} -Werte in Abhängigkeit von der Rauschart für 10 Schwerhörende (kräftige Farben) und 10 Normalhörende (blasse Farben). Unterschiedliche Symbole kennzeichnen die verschiedenen Probanden. Die verbundenen Symbole zeigen die Werte von Test und Retest.

Dadurch ist das stark modulierte Störgeräusch *icra5* besonders interessant für Messungen mit Schwerhörenden, da die Unterschiede zwischen den einzelnen Probanden sehr viel größer sind als bei nicht so stark modulierten Störgeräuschen. Im Vergleich zu den Normalhörenden sind gleichzeitig die intraindividuellen Standardabweichungen geringer.

Entgegen der Annahme, die Aufspaltung beim *icra5* resultiere aus der unterschiedlich guten zeitlichen Verarbeitung der schwerhörenden Versuchspersonen, liegt eine andere Erklärung näher. Bei der genaueren Untersuchung des *icra5*-Rauschens zeigte sich, daß die Modulationstäler (Pausen im Rauschen) bis maximal 2 s lang sind. Dadurch läßt sich eine höhere Schwelle bei diesem Rauschen

durch eine geringere Hörbarkeit in Ruhe erklären. Diese geringere Hörbarkeit könnte als ein ‚internes Rauschen‘ interpretiert werden, das zu einer Maskierung in den Pausen führt. Um diesen Erklärungsansatz zu prüfen, wurden mit denselben Probanden im selben Setup weitere Messungen durchgeführt, die im folgenden dargestellt werden: Messungen mit einem veränderten *icra5*-Rauschen sowie Messungen in Ruhe.

icra5 mit verkürzten Pausen

Die maximale Pausenlänge des Störgeräusches *icra5* wurde auf maximal 250 bzw. 62,5 ms Länge begrenzt (*icra250*, *icra62,5*). Das entspricht dem auditiven Eindruck eines Gesprächs ohne Sprachpausen bzw. einer etwas gehetzten Sprache. Die einzelnen Sprachverständlichkeitsschwellen aller verwendeten Rauschen sind in Abb. 2 dargestellt, die Auftragung erfolgte analog zu Abb. 1.

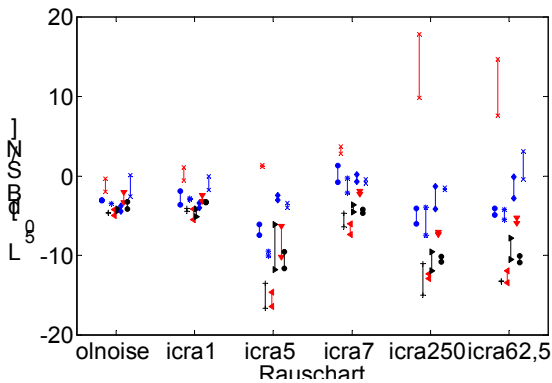


Abbildung 2: Test- und Retest L_{50} -Werte in Abhängigkeit von der Rauschart (auch modifizierte *icra5*-Rauschen) für dieselben 10 Schwerhörende und in gleicher Darstellung wie Abb. 1.

Die Versuchsperson 2 zeigt bei den modifizierten Störgeräuschen *icra250* und *icra62,5* deutlich höhere Schwellen. Bei dem stark modulierten Rauschen *icra5* konnte dieser Proband auch nicht von den Modulationstärkern profitieren. Alle anderen Schwerhörenden werden durch die Verkürzung der Pausen ein wenig schlechter, die Reihenfolge der Ergebnisse sowie der größere Unterschied zwischen den einzelnen Probanden im Vergleich zu den unmodulierten Störgeräuschen bleibt bestehen.

Vergleicht man die mittleren Sprachverständlichkeitsschwellen und die zugehörigen Steigungen der modulierten Rauschen mittels einer einfachen Varianzanalyse und einem nachgeschalteten LSD-Test, so müssen die Ergebnisse der Versuchsperson 2 ausgenommen werden, da sonst die Gleichheit der Varianzen für die einzelnen Störgeräusche nicht gegeben ist.

In Abb. 3 sind die mittleren L_{50} -Werte (links) und die entsprechenden Steigungen (rechts) für die einzelnen modulierten Rauschen dargestellt. Als Vergleichswerte sind auch die Werte für das unmodulierte Rauschen *icra1* eingetragen.

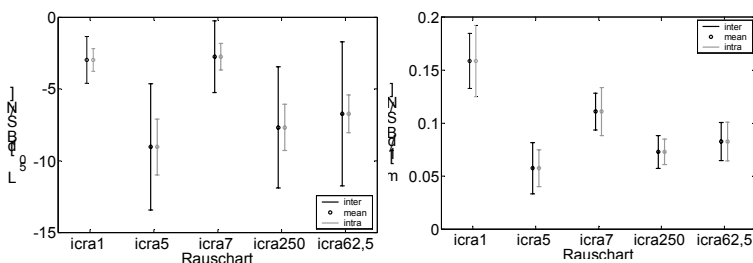


Abbildung 3: Mittelwerte und intra- (grau) sowie interindividuelle Standardabweichungen (schwarz) für L_{50} (links) und Steigungen (rechts) bei unterschiedlich moduliertem Rauschen. Als Vergleich sind zusätzlich die jeweiligen Werte für das unmodulierte Störgeräusch *icra1* eingezeichnet.

Die Varianzanalyse lehnt sowohl für die Sprachverständlichkeitsschwellen als auch für die Steigungen die Nullhypothese der Gleichheit der Ergebnisse auf dem 5%-Niveau ab. Der nachgeschaltete LSD-Test zeigt, daß die L_{50} -Werte für die verschiedenen modulierten Rauschen aus einer homogenen Gruppe stammen. Für die Steigungen zeigen sich zwei homogene Gruppen: *icra7* führt zu einer signifikant

höheren Steigung als die anderen Rauschen (*icra62,5*, *icra250* und *icra5* bilden eine homogene Gruppe für die Steigung).

Sprachverständlichkeit in Ruhe

Mit den 10 schwerhörenden Probanden wurden ebenfalls die individuellen Verständlichkeitsfunktionen in Ruhe (Abhängigkeit der relativen Sprachverständlichkeit vom Sprachpegel) ausgemessen. Bei der Bewertung der Ergebnisse muß bedacht werden, daß der Oldenburger Satztest bisher noch nicht in Ruhe optimiert bzw. evaluiert wurde. Es wurden zum einen die Sprachverständlichkeitsschwellen in Ruhe adaptiv bestimmt. Zum anderen wurde jeweils 3 dB unterhalb und oberhalb dieses L_{50} -Werts sowie bei dem L_{50} -Pegel des *icra5*-Rauschens die Sprachverständlichkeit gemessen (mit konstantem Sprachpegel). Alle Messungen wurden als Test- und Retestmessungen an zwei verschiedenen Tagen durchgeführt. An die sechs Meßpunkte bei drei unterschiedlichen festen Pegeln wurden die Verständlichkeitsfunktionen für jede Versuchsperson angepaßt (die adaptiven Schwellenwerte wurden nicht in die Anpassung einbezogen). Diese Funktionen sowie alle gemessenen Daten sind in Abb. 4 dargestellt.

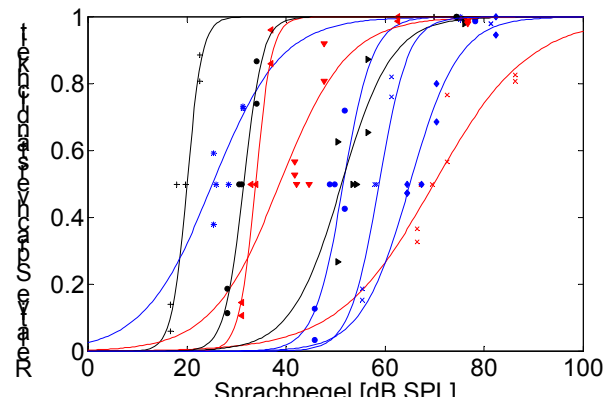


Abbildung 4: Individuelle Verständlichkeitsfunktionen in Ruhe für die 10 schwerhörenden Probanden. Die Symbole zeigen die einzelnen Meßdaten (die Zuordnung der Symbole zu den einzelnen Probanden entspricht den Abb. 1 und 2). Alle zur relativen Sprachverständlichkeit 0,5 gehörenden Punkte wurden adaptiv gemessen und nicht in die Berechnung der durchgezogenen Linien mit einbezogen.

Zusammenhang Sprachverständlichkeit in Ruhe / im modulierten Störgeräusch

Liegt eine flache Steigung der Verständlichkeitsfunktion in Ruhe vor, so zeigt sich nie eine niedrige Schwelle im modulierten Störgeräusch. Findet man gleichzeitig eine niedrige Schwelle und eine hohe Steigung in Ruhe, so ist auch der L_{50} -Wert im modulierten Rauschen niedrig. Das umgekehrte gilt ebenso: eine hohe Schwelle und niedrige Steigung in Ruhe hat eine hohe Schwelle im modulierten Rauschen zur Folge. Liegen Schwelle und/oder Steigung in Ruhe im mittleren Bereich, so ist auch die Schwelle im modulierten Störgeräusch innerhalb der Schwerhörenden mittelmäßig. Die Verständlichkeit in Ruhe kann somit die Ergebnisse im modulierten Störgeräusch größtenteils erklären, jedoch nicht Einzelfälle wie Proband 2.

Ausblick

In Zukunft muß untersucht werden, inwieweit die Ergebnisse von Versuchsperson 2 konsistent sind (Vergleichsmessungen mit allen unterschiedlich modulierten Rauschen am selben Tag) und ob die höheren Schwellen gegebenenfalls doch mit einer schlechteren Zeitverarbeitung einhergehen. Die Zusammenhänge zwischen der Verständlichkeit in Ruhe und im modulierten Störgeräusch soll noch statistisch untersucht werden. Bisher wurde der Oldenburger Satztest noch nicht mit Normalhörenden auf die Vergleichbarkeit der einzelnen Testlisten in Ruhe im Hinblick auf die Verständlichkeit untersucht. Die Ergebnisse der Schwerhörendenmessungen lassen keine großen Unterschiede zwischen den Listen erwarten, dennoch soll diese Untersuchung in Zukunft geschehen.

Gefördert von der DFG KO 942/13-3 und dem Graduiertenkolleg Psychoakustik in Oldenburg.