

# Entwicklung einer adaptiven Skalierungsmethode zur Ermittlung der subjektiven Höranstrengung

Melanie Krüger<sup>1,2</sup>, Michael Schulte<sup>1</sup>, Inga Holube<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hörzentrum Oldenburg

<sup>2</sup>Institut für Hörtechnik und Audiologie, Jade Hochschule, Oldenburg

**Schlüsselwörter: Höranstrengung, adaptive Methode, subjektiv**

## Einleitung

In den letzten Jahren wurden viele Messverfahren zur Erfassung von Höranstrengung entwickelt. Dabei wurden sowohl objektive (u.a. Dual-Task-Paradigmen, physiologische Maße) als auch subjektive Messverfahren (u.a. Skalen und Fragebögen) sowie Kombinationen verwendet. Die subjektive Angabe der wahrgenommenen Höranstrengung in Abhängigkeit vom Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) ist relativ einfach und geht schnell. Die Messung wird problematisch, wenn feste Konditionen vorgegeben werden, da jeder Mensch ein individuelles Wahrnehmungsempfinden besitzt. Trotzdem wird in vielen Studien ein fester SNR-Bereich verwendet (u.a. Luts et al., 2010; Rudner et al., 2012). Zusätzlich erschwerend ist die Tatsache, dass die meisten Personen, die zur Verfügung gestellte Skala komplett ausnutzen möchten, obwohl der vorgegebene SNR-Bereich dies eventuell gar nicht zulässt. Demzufolge müsste eigentlich in Vortests der optimale SNR-Bereich für die Versuchspersonengruppe ermittelt werden. Um diesen Mehraufwand zu vermeiden, wäre eine adaptive SNR-Berechnung die optimale Lösung. Für die Entwicklung einer solchen Methode wurde das in der Diagnostik von Hörstörungen und in der Kontrolle von Hörgeräteanpassungen bewährte Verfahren zur adaptiven kategorialen Lautheitsskalierung von Brand und Hohmann (2002) als Basis verwendet.

## Material und Methode

Für die Bewertung der Höranstrengung stand den Versuchspersonen die 13-stufige Skala nach Schulte und Meis (2007) zur Verfügung. Diese beinhaltet die Hauptstufen „müheless“, „sehr wenig anstrengend“, „wenig anstrengend“, „mittelgradig anstrengend“, „deutlich anstrengend“, „sehr anstrengend“ und „extrem anstrengend“. Zusätzlich wurde aufgrund von Vorerfahrungen die Bewertungsmöglichkeit „nur Störgeräusch“ hinzugefügt.

In dieser Untersuchung wurden 15 normalhörende Probanden zwischen 21 und 30 Jahren (Mittelwert: 24,6 Jahre; Std. 3,2 Jahre) zu zwei Terminen eingeladen. Den Versuchspersonen wurden jeweils drei aufeinanderfolgende Sätze des Oldenburger Satztestes (Wagner, 1999) via Lautsprecher präsentiert. Ihre Aufgabe bestand darin zu bewerten, wie anstrengend es war dem Sprecher zu folgen und dies mittels der auf einem Display dargestellten Skala zu beurteilen. Neben der Höranstrengung wurden unter Verwendung des Oldenburger Satztestes die 50%-Sprachverständlichkeitsschwelle (SRT) sowie die dazugehörige Steigung ermittelt. Dafür wurden im Vorfeld die zwei empfohlenen Trainingslisten durchgeführt. Hier bestand die Aufgabe der Versuchspersonen darin, die verstandenen Wörter nachzusprechen. Für beide Messverfahren wurde den Versuchspersonen eine schriftliche Instruktion vorgelegt.

Die Messung der Höranstrengung und Sprachverständlichkeitsschwellen fanden bei vier verschiedenen Hintergrundgeräuschen statt: Olnoise, Cafeteria, Ica5-250 (Dreschler et al, 2001) und IFFM (Holube, 2011) (siehe Abbildung 1). Während der Messung wurden die Hintergrundgeräusche 2 s vor der Sprachdarbietung gestartet. Der Rauschpegel wurde aus derselben Richtung wie das Sprachsignal präsentiert ( $S_0N_0$ ). Bei der entwickelten Methode wurde der SNR aufgrund der vorherigen Höranstrengungsbewertung individuell berechnet, wobei der Startpegel der Sprache auf 65 dB SPL festgelegt wurde. Der Rauschpegel betrug immer 65 dB SPL.

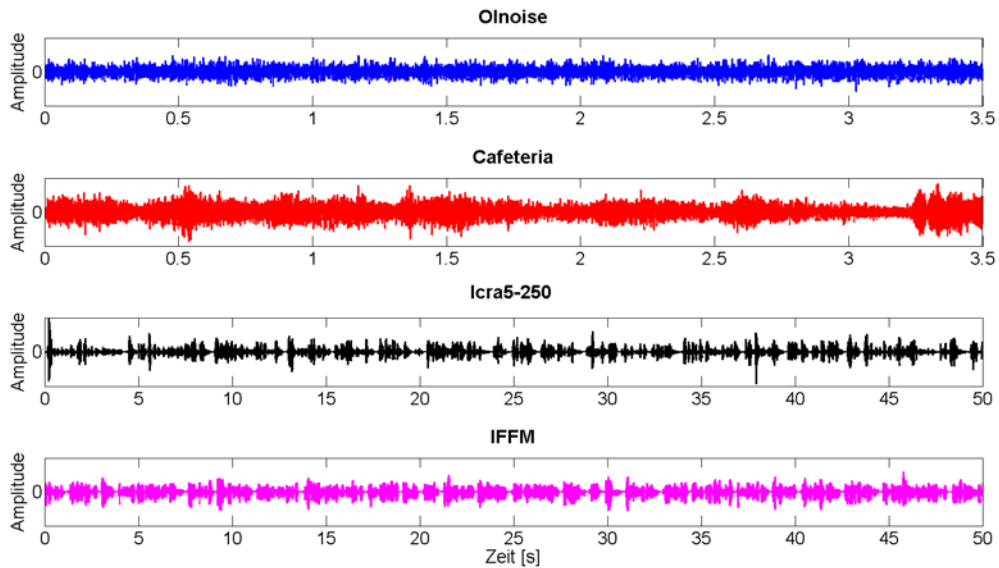


Abbildung 1: Darstellung der Wellenform der verschiedenen Hintergrundgeräusche: Olnoise: stationärer Masker des Oldenburger Satztestes; Cafeteria: stationäres Rauschen mit leisen Sprachelementen; Icra5-250: Rauschsignal mit den Modulationseigenschaften eines männlichen Sprechers mit auf 250ms gekürzten Sprachlücken; IFFM: aus dem International Speech Test Signal (ISTS) generiertes Sprachsignal mit auf 250ms verkürzte Pausen.

## Ergebnisse

Im ersten Analyseschritt wurden die Ergebnisse der Versuchspersonen separat betrachtet. Ein solches Ergebnis ist beispielhaft in Abbildung 2 dargestellt, die die Ergebnisse einer Versuchsperson beim Hintergrundgeräusch Olnoise abgebildet. Die Bewertungskategorien sind über dem SNR in dB aufgetragen. Weiterhin lassen sich die Messergebnisse adäquat durch eine Regressionsgerade annähern. Dabei wurde für die Berechnung der Regressionsgerade die Bewertungskategorie „nur Störgeräusch“ vernachlässigt.

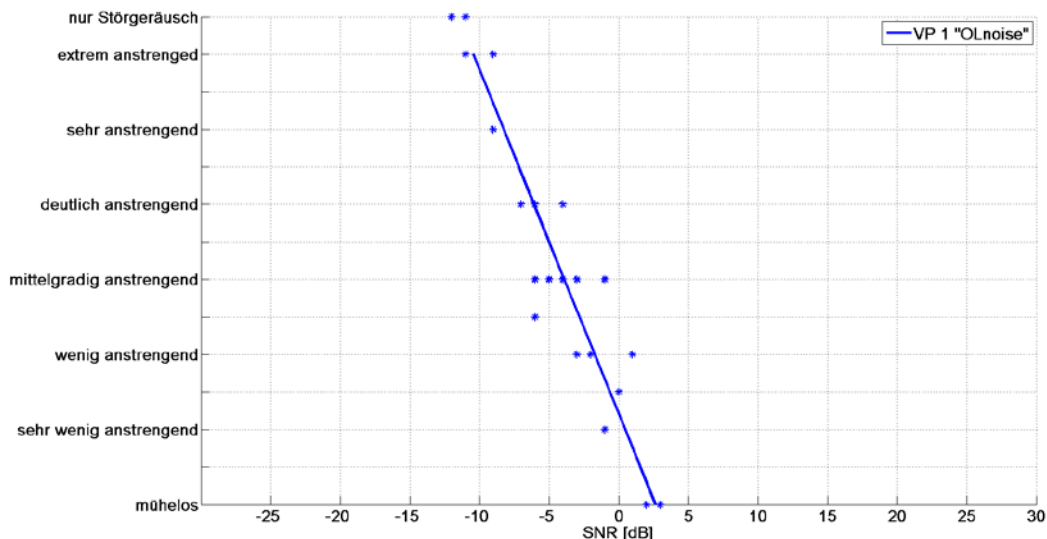


Abbildung 2. Darstellung der ermittelten subjektiven Höranstrengung in Abhängigkeit vom SNR in dB für eine Versuchsperson beim Hintergrundgeräusch Olnoise. Die Symbole (Sternchen) stellen die abgegebenen Bewertungen dar, wobei dies nicht die Anzahl der abgegebenen Bewertungen widerspiegelt, da identische Bewertungen bei gleichem SNR abgegeben worden sein könnten. Die durchgezogene Linie stellt die ermittelte Regressionsgerade dar.

Die Abbildung 3 beinhaltet die Messergebnisse beispielhaft für fünf Versuchspersonen für das Hintergrundgeräusch Olnoise. Die interindividuellen Unterschiede in den Bewertungen spiegeln sich in den voneinander abweichenden Regressionsgeraden wider. Für die weitere Analyse wird für jede Versuchsperson die individuelle Regressionsgerade berechnet und anschließend über alle Versuchspersonen gemittelt, um für jedes Hintergrundgeräusch die Höranstrengung aller Versuchspersonen zu erfassen.

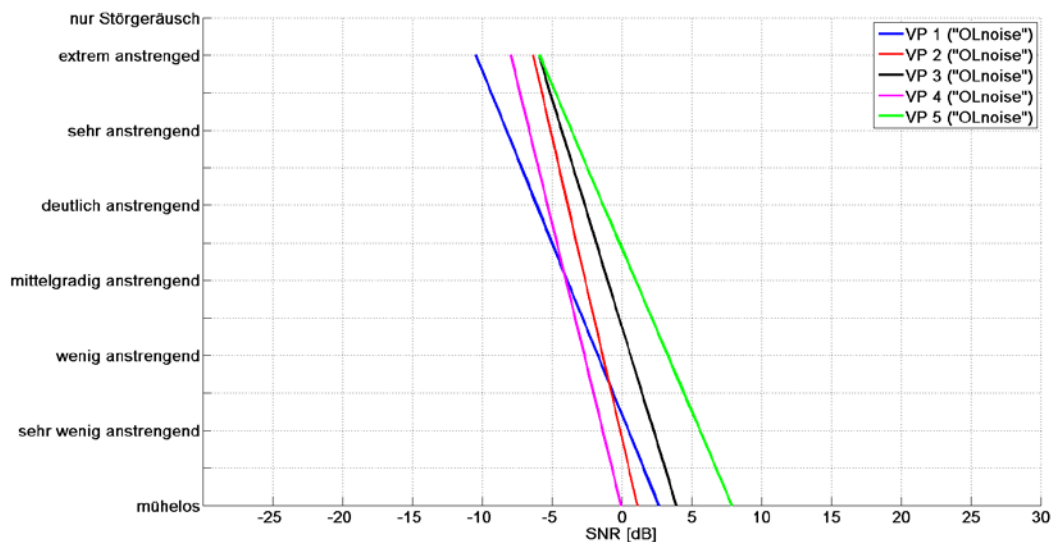


Abbildung 3: Darstellung der ermittelten subjektiven Höranstrengung in Abhängigkeit vom SNR in dB für fünf Versuchspersonen für das Hintergrundgeräusch Olnoise.

Die subjektive Höranstrengung wurde für die in Abbildung 1 dargestellten vier Hintergrundgeräusche mit unterschiedlichen akustischen Eigenschaften ermittelt. Bei der Betrachtung der Ergebnisse in Abbildung 4 wird deutlich, dass die wahrgenommene Höranstrengung der jeweiligen Rauschen in zwei Gruppen, IFFM und Ica5-250 sowie Olnoise und Cafeteria, unterteilt werden kann. Die Hintergrundgeräusche jeder Gruppe werden als ähnlich anstrengend bewertet und die Regressionsgeraden verlaufen annähernd parallel. Des Weiteren liegen die Regressionsgeraden der ersten Gruppe, bestehend aus IFFM und Ica5-250, im Vergleich zu der zweiten Gruppe, bestehend aus den Hintergrundgeräuschen Olnoise und Cafeteria, bei niedrigeren SNR-Werten. Demzufolge wird der gleiche SNR-Wert bei Gruppe 1 als weniger anstrengend empfunden als bei Gruppe 2. Besonders deutlich wird dies im Bereich „extrem anstrengend“. Zwischen den Rauschgruppen liegt in diesem Bereich ein Unterschied von ca. 11 dB. Je weniger anstrengend die Rauschen hingegen bewertet wurden, desto mehr nähern sich die Regressionsgeraden an, sodass die Bewertungen für die Kategorie „mühe los“ in einem SNR-Bereich von ca. 2,5 dB liegen. Innerhalb der Gruppen ist zu beobachten, dass bei gleichem SNR das Ica5-250 als weniger anstrengend bewertet wird als das IFFM. Ähnliche Ergebnisse sind für das Cafeteria/Olnoise Hintergrundgeräusch erkennbar. Die Regressionsgeraden verlaufen parallel, was darauf hindeutet, dass die Höranstrengung bei gleichen SNR für das Cafeteria-Hintergrundgeräusch als anstrengender bewertet wurde als für das Olnoise. Insgesamt kann festgehalten werden, dass die adaptive Skalierungsmethode Unterschiede zwischen den Hintergrundgeräuschen erfasst.

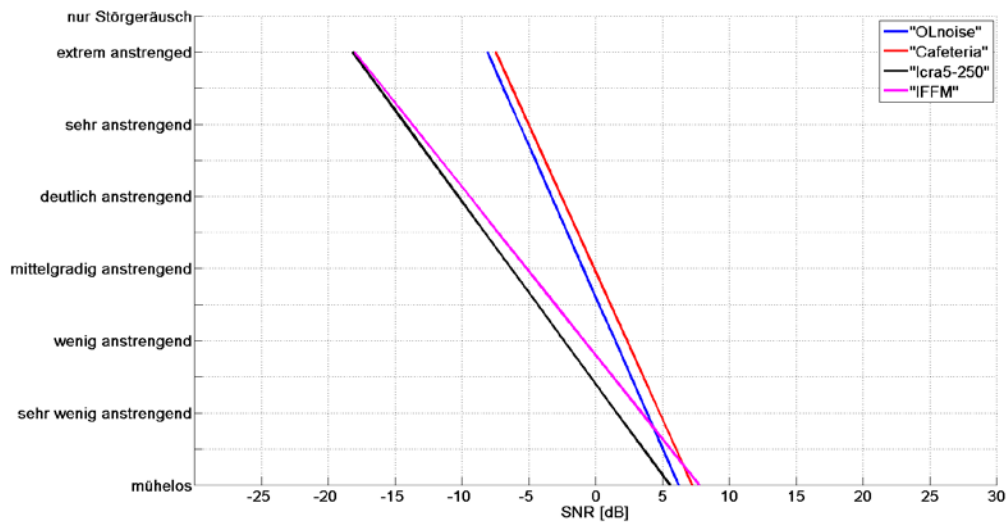


Abbildung 4: Darstellung der ermittelten subjektiven Höranstrengung über dem SNR in dB für verschiedene Hintergrundgeräusch.

Zusätzlich zur subjektiven Höranstrengung wurde die Sprachverständlichkeit für die verschiedenen Hintergrundgeräusche ermittelt. Mit Hilfe der über alle Versuchspersonen gemittelten Werte für SRT und Steigung konnte die gemittelte psychometrische Sprachverständlichkeitsfunktion berechnet werden. Diese ist zusammen mit der ermittelten subjektiven Höranstrengung in Abbildung 5 dargestellt.

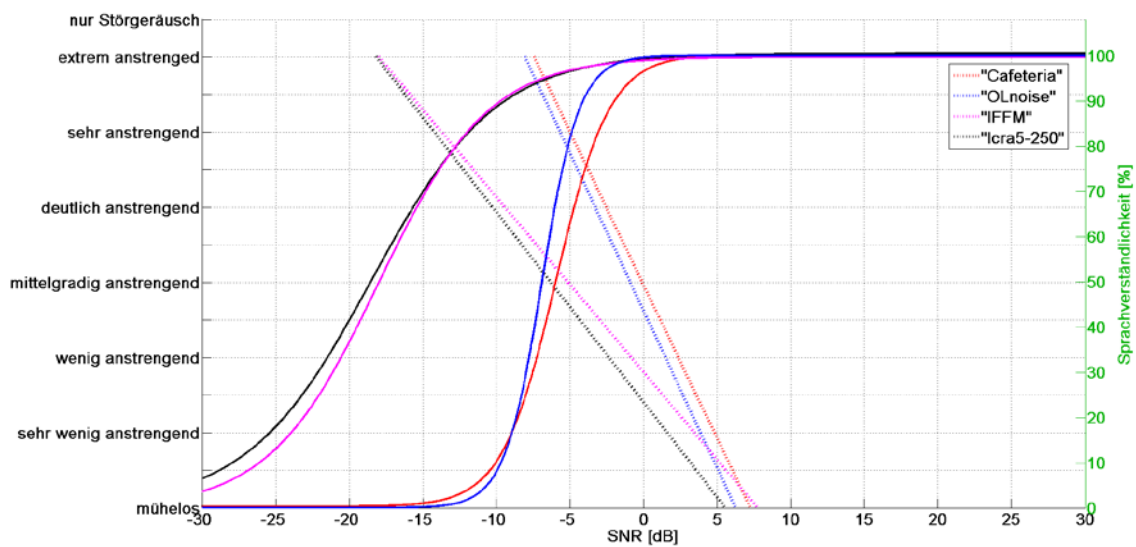


Abbildung 5: Darstellung der über alle Versuchspersonen gemittelten psychometrischen Sprachverständlichkeitsfunktion (durchgezogene Linien) sowie der ermittelten subjektiven Höranstrengung (gestrichelte Linien) für verschiedene Hintergrundgeräusche.

Wie schon bei der Höranstrengung, sind auch in der Sprachverständlichkeit die Unterschiede zwischen den Hintergrundgeräuschen erkennbar. Bei der Betrachtung der Höranstrengung wurde festgestellt, dass die Hintergrundgeräusche in zwei Gruppierungen unterteilt werden können. Diese Unterschiede zwischen den Hintergrundgeräuschen IFFM/Icra5-250 und Olnoise/Cafeteria sind auch in der Sprachverständlichkeit zu beobachten. Die Sprachverständlichkeit für das IFFM und Icra5-250 weisen einen ähnlichen Verlauf auf, wobei die Sprachverständlichkeit für das Icra5-250 marginal besser ist als für das IFFM. Ähnliche Ergebnisse lassen sich beim Olnoise und Cafeteria-Rauschen festhalten. Bei gleichem SNR ist die Sprachverständlichkeit im Olnoise höher als beim Cafeteria-Hintergrundgeräusch.

Auffällig sind die Schnittpunkte der Höranstrengungs-Regressionsgeraden mit den psychometrischen Funktionen. Diese Schnittpunkte liegen bei einem Sprachverstehen von ca. 80%. Dieses Sprachverstehen wird als „sehr anstrengend“ empfunden. Des Weiteren wird deutlich, dass sich für alle Hintergrundgeräusche auch bei einem Sprachverstehen von 100% die wahrgenommene Höranstrengung weiter reduziert. Diese adaptive Skalierungsmethode ermöglicht es demzufolge, die Höranstrengung auch im positiven SNR-Bereich zu erfassen.

## Zusammenfassung

In dieser Untersuchung wurde eine adaptive Skalierungsmethode zur Ermittlung der subjektiven Höranstrengung entwickelt. Das Verfahren ist schnell und leicht durchzuführen und ist eignet, um interindividuellen Unterschiede der Versuchspersonen zu erfassen. Zusätzlich wurde beobachtet, dass sich die Höranstrengung auch bei einem Sprachverstehen von 100% mit steigendem SNR weiter reduziert. Damit kann die Höranstrengung auch im positiven SNR-Bereich bestimmt werden und eignet sich daher, um den Einfluss von Hörgerätealgorithmen auf die Höranstrengung zu untersuchen. Beim Vergleich der psychometrischen Sprachverständlichkeitsfunktionen konnten Unterschiede zwischen den Hintergrundgeräuschen festgestellt werden. Diese Unterschiede können auch mit der Höranstrengung erfasst werden.

Gefördert aus Landesmitteln des Nds. Vorab durch das Niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur, Forschungsschwerpunkt "Hören im Alltag Oldenburg (HALLO)".

## Literatur

- Brand, T. & Hohmann, V. (2002). An adaptive procedure for categorical loudness scaling. *J Acoust Soc Am*, 2002, 112, 1597.
- Dreschler, W. A., Verschuure, H., Ludvigsen, C., & Westermann, S. (2001). ICRA Noises: Artificial Noise Signals with Speech-like Spectral and Temporal Properties for Hearing Instrument Assessment: Ruidos ICRA: Señales de ruido artificial con espectro similar al habla y propiedades temporales para pruebas de instrumentos auditivos. *International Journal of Audiology* 40.3 (2001): 148-157.
- Holube, I. (2011). Speech intelligibility in fluctuating maskers. *International Symposium on Auditory and Audiological Research (ISAAR)*, Nyborg, Dänemark.
- Schulte, M., Meis, M. & Wagener, K. (2007). Listening Effort and Speech Intelligibility. 8th EFAS Congress / 10th Congress of the German Society of Audiology.
- Wagener, K., Kühnel, V. & Kollmeier, B. (1999). Entwicklung und Evaluation eines Satztestes für die deutsche Sprache I: Design des Oldenburger Satztestes. *Zeitschrift für Audiologie* 38:4-15.