

# Förderpreis 2014

## **Speech Audiometry: International Practice and Relation to the Pure-Tone Audiogram**

### **Bachelorarbeit**

Verfasser: Marius Beuchert, Jörn Klages  
Betreuer: Prof. Dr. rer nat. Jürgen Tchorz  
Morten Løve Jepsen, PhD

Oktober 2013

# **EUHA**

Europäische Union der  
Hörgeräteakustiker e.V.

Herausgeber: Europäische Union der Hörgeräteakustiker e.V.  
Neubrunnenstraße 3, 55116 Mainz, Deutschland  
Tel. +49 (0)6131 28 30-0  
Fax +49 (0)6131 28 30-30  
E-Mail: [info@euha.org](mailto:info@euha.org)  
Internet: [www.euha.org](http://www.euha.org)

Alle hier vorhandenen Daten, Texte und Grafiken sind urheberrechtlich geschützt. Eine Verwertung über den eigenen privaten Bereich hinaus ist grundsätzlich genehmigungspflichtig.

© EUHA 2014

## Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Studie war es, den Zusammenhang zwischen der mit Sinustönen gemessenen Hörschwelle von Schwerhörigen und deren Sprachtestergebnissen zu untersuchen. Zudem sollten Erkenntnisse darüber gewonnen werden, wie Sprachaudiometrie von Audiologen in der Praxis angewendet wird. Auf Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse wurde diskutiert, ob es sinnvoll ist, eine Anpassformel zu entwickeln, welche die individuellen Ergebnisse der Sprachaudiometrie berücksichtigt, und ob erwartet werden kann, dass eine solche Anpassformel international Anwendung findet.

Im ersten Teil der Studie wurde der Zusammenhang zwischen der Sprachhörschwelle in ruhiger Umgebung ( $SRT_Q$ ) sowie dem Sprachdiskriminationswert in ruhiger Umgebung ( $DS_Q$ ) mit dem Tonaudiogramm von 118 Schwerhörigen mit sensorineuralem Hörverlust untersucht. Darüber hinaus wurde der Zusammenhang zwischen dem  $DS_Q$  und den berechneten SII-Werten der Schwerhörigen untersucht. Die audiometrischen Daten wurden mittels Spearman-Rangkorrelationstest sowie Multipler Linearer Regressionsanalyse statistisch ausgewertet.

Die Ergebnisse zeigen hohe Korrelationen zwischen den tiefen Frequenzen des Tonaudiogramms und dem  $SRT_Q$  von bis zu  $r_s = 0.94$ . Im Gegensatz dazu wurden nur schwache Korrelationen ( $r_s > -0.64$ ) zwischen den Hörschwellen im Tonaudiogramm und dem  $DS_Q$  erzielt, wobei die Hörschwellen bei hohen Frequenzen höhere Rangkorrelationskoeffizienten aufweisen als die Hörschwellen bei tiefen Frequenzen. Zwischen den berechneten SII-Werten und den gemessenen  $DS_Q$ -Werten zeigt sich keine Korrelation.

Um Erkenntnisse darüber zu gewinnen, wie Sprachaudiometrie international durchgeführt und angewendet wird, wurde eine Umfrage unter Audiologen in Australien, Kanada, Deutschland und Indien durchgeführt. Der zweite Teil der Studie analysiert und diskutiert die Antworten der befragten Audiologen.

Die Ergebnisse der Umfrage zeigen, dass der  $SRT_Q$  sowie der  $DS_Q$  vor der Hörgeräteanpassung standardmäßig gemessen werden. Im Gegensatz dazu werden Sprachtests im Störgeräusch selten vor der Anpassung, sondern vielmehr nach der Anpassung zur Evaluierung eingesetzt. Während der  $DS_Q$  vielfältig Verwendung findet, wird der  $SRT_Q$  in der Praxis meist nur zur Überprüfung des gemessenen Tonaudiogramms eingesetzt. Die weiteren Ergebnisse zeigen Gemeinsamkeiten, aber auch erhebliche internationale Unterschiede bei der Anwendung von Sprachaudiometrie unter den befragten Audiologen.

Die Studie belegt, dass eine Anpassformel, die die Ergebnisse der Sprachaudiometrie einbezieht, sinnvoll ist. Gleichzeitig wird deutlich, dass für die Implementierung einer solchen Anpassformel internationale Unterschiede in der Sprachaudiometrie berücksichtigt werden müssen.

# Inhaltsverzeichnis

Impressum	i
Zusammenfassung	ii
Inhaltsverzeichnis	iii
<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2. Schlussfolgerung</b>	<b>3</b>
<b>3. Literaturverzeichnis</b>	<b>4</b>

## 1. Einleitung

Ein Hörverlust hat erhebliche Auswirkungen auf das Sprachverstehen und schränkt dadurch die Kommunikationsfähigkeit von Schwerhörigen ein. Das primäre Ziel der Hörgeräteversorgung ist es deshalb, das Sprachverstehen der Schwerhörigen wiederherzustellen. Um dieses Ziel zu erreichen, kommen während der Diagnose verschiedene Messungen zum Einsatz. Das Tonaudiogramm liefert Informationen über die Hörfähigkeit eines Schwerhörigen bei verschiedenen Frequenzen. Da die als Stimuli verwendeten Sinustöne keiner realen Hörsituation entsprechen, verwenden viele Audiologen zusätzliche Sprachtests zur Diagnostik.

Traditionelle Anpassformeln wie DSL v5 und NAL-NL2 basieren auf dem Tonaudiogramm der Schwerhörigen. Es werden zwar Aspekte der Lautheitswahrnehmung und des Hörkomforts mit einbezogen, die Ergebnisse der Sprachtests finden aber keine Beachtung (Scollie et al., 2005; Keidser et al., 2011). Die verschiedenen Arten von Hörverlust und deren Eigenschaften werden nicht unterschieden. Dementsprechend wird für Schwerhörige mit dem gleichen Tonaudiogramm auch der gleiche First Fit berechnet. Dabei stellt sich die Frage, ob das Tonaudiogramm die Hörfähigkeit eines Schwerhörigen ausreichend darstellen kann oder ob Sprachmessungen zusätzliche Informationen liefern, die das Tonaudiogramm nicht erfasst.

Im ersten Teil der Arbeit wird der Zusammenhang zwischen den Hörschwellen des Tonaudiogramms von Schwerhörigen und deren Sprachtestergebnissen untersucht. Wenn diese Untersuchung keine hohe Korrelation aufweist, könnten die Ergebnisse der Sprachaudiometrie zu besseren und individueller abgestimmten Anpassformeln führen. Um diese These zu untersuchen, wurden Audiogramme aus einer Datenbank von Hörgeräteträgern analysiert.

Da die Ergebnisse der Sprachmessungen bisher nicht in den First Fit einfließen, bleibt die Frage, wie diese Ergebnisse sonst verwendet werden und ob sie die Hörgeräteanpassung der Audiologen auf eine andere Art beeinflussen. Des Weiteren ist zu klären, ob eine Anpassformel, die das Sprachverstehen berücksichtigt, in der Praxis angewendet werden würde.

Um diese Fragen zu beantworten, wurde eine Umfrage in verschiedenen Ländern durchgeführt. Ziel der Befragung war es, eine Übersicht über die in der Praxis eingesetzten Sprachtests zu erhalten. Zusätzlich sollten Informationen über mögliche internationale Unterschiede der Sprachmessungen sowie Erkenntnisse über die Verwendung der Sprachtestergebnisse gewonnen werden.

Die Arbeit ist wie folgt gegliedert:

## **Kapitel 2: Hintergrund**

Die Arbeit beginnt mit einem Hintergrundkapitel, welches zu einem besseren Verständnis der Studie beitragen soll. Zunächst wird ein vereinfachtes Modell, das die Schlüsselfaktoren des Sprachverstehens beinhaltet, dargestellt. Danach wird verdeutlicht, welcher Zusammenhang zwischen diesen Faktoren und einem Hörverlust besteht und welche Rolle sie bei Sprachtests spielen. Dafür wird ein kurzer Überblick über das Hören, die unterschiedlichen Arten von Hörverlusten und ihre Auswirkungen auf das Sprachverstehen gegeben. Der Fokus liegt hierbei besonders auf dem sogenannten *audibility part* und dem *distortion part* eines sensorineuralen Hörverlusts. Zusätzlich wird die Tonaudiometrie eingeführt und es werden verschiedene Aspekte der Sprachaudiometrie erklärt. Dabei wird in diesem Kapitel vor allem der Einfluss des Sprachmaterials auf die Ergebnisse eines Sprachtests beleuchtet. Am Ende des Kapitels werden der Speech Intelligibility Index (SII) und das dänische Sprachmaterial DANTALE, das bei der Datenanalyse eingesetzt wurde, vorgestellt.

## **Kapitel 3: Datenanalyse**

In Kapitel 3 wird der Zusammenhang zwischen dem Tonaudiogramm von Schwerhörigen mit deren Ergebnissen aus zwei Sprachtests untersucht: zum einen mit der Sprachhörschwelle in ruhiger Umgebung ( $SRT_Q$ ) und zum anderen mit dem Sprachdiskriminationswert ( $DS_Q$ ). Die dafür verwendeten statistischen Tests werden im Detail beschrieben, um ein besseres Verständnis der Ergebnisse zu gewährleisten. Um den Zusammenhang zwischen dem Tonaudiogramm und den Ergebnissen aus  $SRT_Q$  bzw.  $DS_Q$  zu quantifizieren, wurde jeweils der Spearman-Rangkorrelationskoeffizient verwendet. Mit der Multiplen Linearen Regression wurde ein statistisches Modell gebildet, um den  $SRT_Q$  bzw.  $DS_Q$  aus den Werten des Tonaudiogramms vorherzusagen. Am Ende des Kapitels wird der Zusammenhang zwischen den  $DS_Q$ -Werten der Schwerhörigen und ihren SII-Werten untersucht.

## **Kapitel 4: Umfrage**

Kapitel 4 beginnt mit der Beschreibung des Aufbaus, der Durchführung und der Teilnehmer der Umfrage. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind die Ergebnisse der Umfrage und die dazugehörigen Diskussionen in separate Unterkapitel gegliedert.

Das erste Unterkapitel erläutert den Hintergrund der Teilnehmer aus Australien, Kanada, Deutschland und Indien sowie deren Gründe, Sprachaudiometrie durchzuführen. Anschließend folgt die Diskussion zu diesem Unterkapitel.

Das nächste Unterkapitel beschreibt, welche Sprachtests von den befragten Audiologen vor der Hörgeräteanpassung (*pre-fitting*) eingesetzt und wie diese durchgeführt werden. Im dritten Unterkapitel wird die unterschiedliche Verwendung der Ergebnisse aus den Sprachtests dargestellt und erörtert. Nachfolgend wird diskutiert, welche Aspekte für

eine mögliche Einführung einer Anpassformel, die die Ergebnisse der Sprachaudiometrie berücksichtigt, beachtet werden müssen.

Die Sprachtests, die nach der Hörgeräteanpassung (*post-fitting*) eingesetzt werden, und die Verwendung der Ergebnisse dieser Tests werden im letzten Unterkapitel von Kapitel 4 aufgezeigt und diskutiert.

## 2. Schlussfolgerung

Die Studie liefert folgende Erkenntnisse:

- Traditionelle Anpassformeln, die nur auf den Hörschwellen des Tonaudiogramms basieren, werden der Vielzahl an individuellen Hörverlusten und deren Auswirkungen nicht gerecht.
- Eine Anpassformel, welche die Sprachdiskrimination des Schwerhörigen einbezieht, könnte die Hörgeräteanpassung verbessern, da die maximale Sprachdiskrimination zusätzliche Informationen über das Hören eines Schwerhörigen liefert, die das Tonaudiogramm nicht erfasst.
- Da die Audiologen den  $DS_Q$  standardmäßig messen, kann erwartet werden, dass eine Anpassformel, die den  $DS_Q$  mit einbezieht, in der Praxis Anwendung findet. Eine Anpassformel, die den  $DS_N$  im Störgeräusch mit einbezieht, würde für die meisten Audiologen eine zusätzliche Messung bedeuten. Die technischen Voraussetzungen für eine solche Messung im Störgeräusch wären mindestens bei den Audiologen in Australien, Indien und Deutschland gegeben.
- Die Sprachtests werden international unterschiedlich durchgeführt. Diese Unterschiede müssen bei einer Implementierung von Sprachtestergebnissen in die Anpassformel beachtet werden.
- Der SII ist ein unzureichendes Modell, um die Sprachverständlichkeit eines Schwerhörigen zu bestimmen.

### 3. Literaturverzeichnis

- Altman, D. G. (1991). *Practical Statistics for Medical Research*. Chapman and Hall, New York.
- ANSI-S3.21-2004, R (2009). Method of Manual Pure-tone Threshold Audiometry. *American National Standards Institute, Inc.*
- ANSI-S3.6-1996 (1996). Specification for Audiometers. *American National Standards Institute, Inc.*
- ANSI-S3.5-1997, R (2007). Methods for Calculation of the Speech Intelligibility Index. *American National Standards Institute, Inc.*
- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W., und Weiber, R. (2006). *Multivariate Analysemethoden: Eine anwendungsorientierte Einführung (11. Aufl.)*. Springer, Berlin.
- Beattie, R. C. (1985). Reliability of threshold, slope, and PB max for monosyllabic words. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 50:166–178.
- Beattie, R. C., und Zipp, J. A. (1990). Range of intensities yielding PB Max and the threshold for monosyllabic words for hearing-impaired subjects. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 55(8):417–426.
- Boothroyd, A. (1968). Statistical theory of the speech discrimination score. *Journal of the Acoustical Society of America*, 43:362–367.
- Boothroyd, A. (2009). *Enhancing speech perception time-on-task*. Präsentation anlässlich der Fifth International Aural Rehabilitation conference, Tampa FL.
- Carhart, R. (1946). Speech reception in relation to pattern of pure tone loss. *Archives of Otolaryngology – Head & Neck Surgery.*, 11:97–108.
- Carver, K., und Nielsen, H. (1997). *Håndbog i audiologiske tests*. Phonak Dänemark, Middelfart.
- Ching, T., Dillon, H., und Byrne, D. (1998). Speech recognition of hearing impaired listeners: Predictions from audibility and the limited role of high frequency amplification. *Journal of the American Academy of Audiology*, 103(2): 1128–1140.
- Clark, J. G. (1981). Uses and abuses of hearing loss classification. *American Speech and Hearing Association*, 23:15.
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112:155–159.
- Cruttenden, A. (2008). *Gimson's Pronunciation of English*. Hodder Education, Abingdon.
- DeBow, A., und Green, W.B. (2000). A Survey of Canadian Audiological Practice. *Journal of Speech-Language Pathology and Audiology*, 24:4.
- Egan, J. (1948). Articulation testing methods. *Laryngoscope*, 58: 955–991.
- Elberling, C., Ludvigsen, C., und Lyregaard, P. E. (1989). A new Danish Speech Material. *Scandinavian Audiology*, 18:169–175.
- Elliot, L. L. (1963). Prediction of speech discrimination scores from other test information. *Journal of Auditory Research*, 3:35–45.
- Fant, G. (1959). *Acoustic Analysis and Synthesis of Speech with Applications to Swedish*. Esselte, Stockholm

- Fant, G. (2005). *Speech Acoustics and Phonetics*, Vol. 24. Springer, Dordrecht.
- Fletcher, H. (1950). A method of calculating hearing loss for speech from an audiogram. *Journal of the Acoustical Society of America*, 22:1–5.
- Gelfand, S. A. (1993). A clinical speech recognition method to optimize reliability and efficiency. Referat anlässlich der *Convention of the American Academy of Audiology*, Phoenix.
- Gelfand, S. A. (2009). *Essentials of Audiology*. Thieme, New York.
- Gerber, S. E. (1974). *Introductory Hearing Science*. Saunders, Philadelphia.
- Grønnum, N. (1998). *Fonetik og Fonologi – Almen og dansk*. Akademisk Forlag, Copenhagen.
- Guthrie, L. A., und Mackerzie, C. L. (2009). A comparison of Presentation Levels to Maximize Word Recognition Scores. *Journal of the American Academy of Audiology*, 20:381–390.
- Hahlbrock, K.-H. (1953). Über Sprachaudiometrie und neue Wörterteste. *Archiv f. Ohren-, Nasen- und Kehlkopfheilkunde*, 162:394–432.
- Halpin, C. (2006). Using audiometric thresholds and word recognition in a treatment study. *Otology & Neurotology*, 27:110–116.
- Hines, A. (2012). *Predicting Speech Intelligibility*. Diss., Trinity College Dublin, Dublin.
- Hirsh, I. J., Davis, H., Silverman, S. R., Reynolds, E. G., Eldert, E., und Bensor R. W. (1952). Development of materials for speech audiometry. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 17:321–327.
- Hughson, W., und Thomsen, E. (1942). Correlation of hearing acuity for speech with discrete frequency audiograms. *Archives of Otolaryngology – Head & Neck Surgery*, 36:526–540.
- Hughson, W., und Westlake, H. D. (1944). Manual for program outline for rehabilitation of aural casualties both military and civilian. *Transactions of the American Academy of Ophthalmology and Otolaryngology*, 48:1–15.
- Janikowski, K. (1982). *Die Allomorphie im Dänischen und Deutschen*. Germanica Wratislaviensia, 48. Wydawn Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław [Breslau].
- Johnson, K. (2006). Resonance in an exemplar-based lexicon: The emergence of social identity and phonology. *Journal of Phonetics*, 34:485–499.
- Keidser, G. (1994). Articulation Index Transfer Function for DANTALE (200 monosyllabic words). *Scandinavian Audiology*, 23(1):75–77.
- Keidser, G., Dillon, H. R., Flax, M., Ching, T., und Brewer, S. (2011). The NAL NL2 prescription procedure. *Audiology Research*, 1:1.
- Killion, M. C. (2002). New thinking on hearing in noise: A generalized Articulation Index. *Seminars in Hearing*, 23:57–75.
- Kochkin, S. (2002). MarkeTrak VI: 10-year customer satisfaction trends in the US hearing. *Hearing Review*, 9:14–25.
- Kompis, M. (2004). *Audiologie*. Hans Huber, Bern.
- Lenhardt, E. (1987). *Praxis der Sprachaudiometrie*. Georg Thieme, Stuttgart.
- Levitt, H., und Resnick, S. B. (1978). Speech perception by the hearing-impaired: Methods of testing and the development of new tests. *Scandinavian Audiology*, 6:107–130.

- Marshall, L., und Bacon, S. P. (1981). Prediction of Speech Discrimination Scores from Audiometric Data. *Ear and Hearing*, 2(4):148–155.
- Martin, F. N., Champlin, C. A., und Chambers, J. A. (1998). Seventh Survey of Audiometric Practice in the United States. *Journal of the American Academy of Audiology*, 93:95–104.
- Marzinik, M. (2000). *Noise Reduction Schemes for Digital Hearing Aids and their Use for the Hearing Impaired*. Ph.D. thesis, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Oldenburg
- Miller, G. A., Heise, G. A., und Lichten, W. (1951). The intelligibility of speech as a function of the context of the test materials. *Journal of Experimental Psychology*, 41:329–335.
- Moore, B. (1996). Perceptual Consequences of Cochlear Hearing Loss and their Implications for the Design of Hearing Aids. *Ear and Hearing*, 17(2):133–161.
- Moore, B. (2001). Dead regions in the cochlea: Diagnosis, perceptual consequences, and implications for the fitting of hearing aids. *Trends in Amplification*, 5:1–34.
- Mullins, C. J., und Bangs, J. L. (1957). Relationships between speech discrimination and other audiometric data. *Acta oto-laryng*, 47:149–157.
- Noble, W. G. (1973). Pure-Tone Acuity, Speech-Hearing Ability and Deafness in Acoustic Trauma. *Audiology*, 12:291–315.
- Orchik, D. J., Krygier, K. M., und Cutts, B. P. (1979). A comparison of the NU-6 and W-22 speech discrimination tests for assessing sensorineural hearing loss. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 44(4):522–527.
- Pavlovic, C. V. (1987). Derivation of primary parameters and procedures for use in speech intelligibility predictions. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 82:413–422.
- Pichora-Fuller, K. (2006). Effects of Age on Auditory and Cognitive Processing: Implications for Hearing Aid Fitting and Audiologic Rehabilitation. *Trends in Amplification*, 10(1):29–59.
- Plomp, R. (1978). Auditory handicap of hearing impairment and the limited benefit of hearing aids. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 63/2:533–49.
- Pompino-Marschall, B. (1995). *Einführung in die Phonetik*. Gruyter.
- Prajapati, B., Dunne, M., und Armstrong, R. (2010). Sample size estimation and statistical power analysis. *Clinical*.
- Rosenzweig, M. R., und Postman, L. (1957). Intelligibility as a function of frequency of usage. *Journal of Experimental Psychology*, 54:412–422.
- Scollie, S., Seewald, R., Cornelisse, L., Moodie, S., Bagatto, M., Lurnagaray, D., Beulac, S., und Pumford, J. (2005). The Desired Sensation Level Multistage Input Output Algorithm. *Trends in Amplification*, 9:159–197.
- Sherbecoe, R. L., und Studebaker, G. A. (2004). Supplementary formulas and tables for calculating and interconverting speech recognition scores in transformed arcsine units. *International Journal of Audiology*, 43:442–448.
- Smooenburg, G. F. (1981). Speech reception in quiet and in noisy conditions by individuals with noise-induced hearing loss in relation to their tone audiogram. *Journal of the Acoustical Society of America*, 91:421–37.

- Stach, B. A. (2008). *Clinical Audiology: An Introduction*. Delmar, Cengage Learning, Clifton Park NY.
- Steinlen, A., und Bohn, O.-S. (1999). Acoustic studies comparing Danish vowels, British English vowels and Danish-accented British English vowels. *Journal of the Acoustical Society of America*, 105:1097.
- Stephens, D. G. (1976). The input for a damaged cochlea: a brief review. *British Journal of Audiology*, 10:97–101.
- Tillman, T. W., und Carhart, R. (1966). An expanded test for speech discrimination utilizing CNC monosyllabic words (Northwestern University Auditory Test No. 6). *SAM TR Technical Report 66-55*.
- Townend, J. (2002). *Practical Statistics for Environmental and Biological Scientists*. John Wiley and Sons Ltd., West Sussex
- Wilson, R. H. (2004). Adding speech-in-noise testing to your clinical protocol: Why and how. *Hearing Journal*, 57:10.
- Wilson, R. H., und Margolis, R. H. (1983). Measurements of auditory thresholds for speech stimuli. *Principles of speech audiometry*. University Park Press, Baltimore, 79-126.
- Yoshioka, P., and Thornton, A. R. (1980). Predicting speech discrimination from the audiometric thresholds. *Journal of speech and hearing research*, 23/4:814–827.