

Praxistaugliche und realitätsnahe Messung des Sprachverstehen für drahtlose Übertragungsanlagen

Hendrik Husstedt¹

¹Deutsches Hörgeräte Institut GmbH, Lübeck

Schlüsselwörter: Drahtlose Übertragungsanlage, Hörassistenzsysteme, FM Anlage

Einleitung

Drahtlose Übertragungsanlagen können in verschiedenen Situationen des alltäglichen Lebens zu einer deutlichen Verbesserung des Sprachverstehens führen. Insbesondere Menschen mit eingeschränktem Hörvermögen kann so das Verstehen erleichtert werden. Eine typische Situation für den Einsatz einer drahtlosen Übertragungsanlage ist die Vortrags- oder Klassenraumsituation, wie sie in Abbildung 1 dargestellt ist.

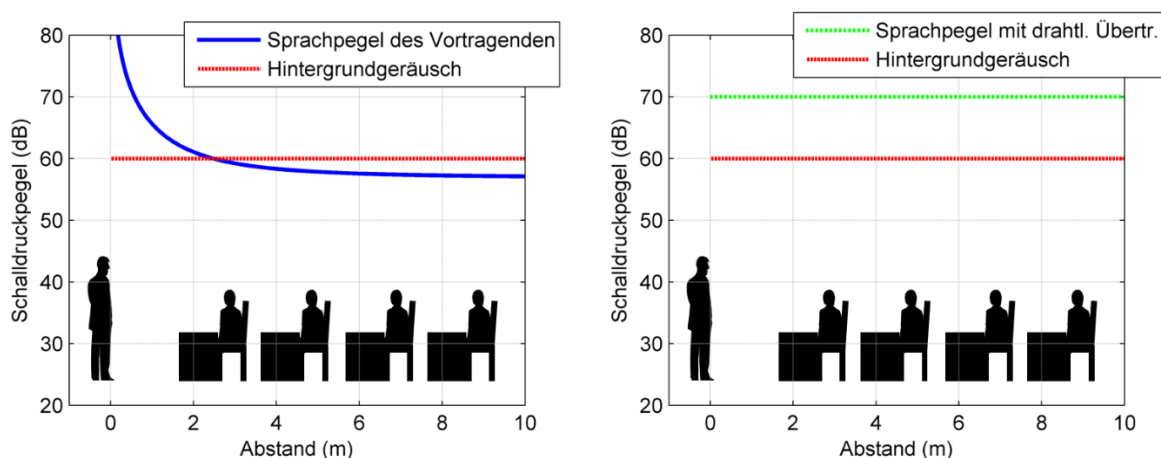


Abbildung 1: Sprachpegel bei einer Vortrags- oder Klassenraumsituation links ohne und rechts mit drahtloser Übertragungsanlage.

In einer solchen Situation nimmt der Sprachpegel des Vortragenden ohne drahtlose Übertragungsanlage mit der Entfernung ab. Im Gegensatz dazu wird das Hintergrundgeräusch in dieser Situation als diffus und der Pegel als über den Raum homogen verteilt angenommen (Davis & Patronis, 2014). Dadurch nimmt der Signalrauschabstand für den Zuhörer mit der Entfernung zum Sprecher ab. Mit einer drahtlosen Übertragungsanlage wird das Sprachsignal in unmittelbarer Nähe zum Sprecher mit einem Mikrofon aufgenommen und drahtlos, in der Regel durch elektromagnetische Wellen, an den Zuhörer übertragen. Da bei dieser Übertragung oft die Technik der Frequenzmodulation (FM) eingesetzt wird, werden solche Anlagen in der Praxis oft auch als „FM-Anlagen“ bezeichnet (Metz, 2014). Weil sich das Mikrofon der drahtlosen Übertragungsanlage (Anlagenmikrofon) in unmittelbarer Nähe zum Sprecher befindet, kann das Sprachsignal mit hohem Signalrauschabstand erfasst und in dieser Form mit einem beliebigen Pegel an den Zuhörer abgegeben werden. Dadurch kann nicht nur der Signalrauschabstand für den Zuhörer deutlich erhöht werden, sondern es werden auch Einflüsse der Raumakustik, wie Nachhall, deutlich reduziert (Katz, et al., 2014). Im Ergebnis führt die Verwendung der Anlage sowohl für hörbeeinträchtigte als auch normalhörende Menschen zu einer Verbesserung des Sprachverstehens und einer Verringerung der Höranstrengung (Schafer & Thibodeau, 2006) (Chisolm, et al., 2007) (Valente, et al., 2008) (Purdy, et al., 2009) (Thibodeau, 2010).

Obwohl die Vorteile drahtloser Übertragungsanlagen allgemein bekannt sind, ist eine individuelle messtechnische Evaluierung notwendig. Nur so kann der Nutzen einer drahtlosen Übertragungsanlage objektiv im

Einzelfall für den Anwender der Anlage oder für den Kostenträger aufgezeigt werden. Zudem ist es damit möglich verschiedene Anlagen miteinander zu vergleichen oder die Funktion einer Anlage zu überprüfen. Die bisher dafür eingesetzten Messmethoden unterscheiden sich deutlich. Beispielsweise wird bei (Thibodeau, 2014) eine sehr realitätsnahe Methode verwendet, welche für den Einsatz im Forschungsumfeld gedacht ist und sich nicht ohne weiteres im Praxisalltag eines Hörakustikers, HNO-Arzt oder in einer Klinik einsetzen lässt. Die in (ASHA, 2002) für den Praxiseinsatz vorgeschlagene Methode benötigt zwei Räume, welche im deutschsprachigen Raum selten zur Verfügung stehen. Zudem liefert diese Methode keine objektiven Ergebnisse und der Bezug zur realen Situation ist nur sehr eingeschränkt gegeben. Eine andere Vorgehensweise, welche im deutschsprachigen Raum oft eingesetzt wird, ist die Präsentation des Nutzschalls von vorne und die des Störschalls von hinten. Das Anlagenmikrofon befindet sich dabei direkt vor dem Sprachlautsprecher. In dieser Konfiguration wird dann ein Sprachtest durchgeführt. Obwohl dieser Aufbau durch die Verwendung eines Sprachtests eine objektive Bewertung zulässt, ist die Realitätsnähe nur sehr eingeschränkt gegeben. Die Ergebnisse geben also keinen Aufschluss darüber, in welcher Weise der Anwender einen Nutzen in einer realen Situation hätte. Es fehlt bis jetzt also eine sowohl realitätsnahe als auch praxistaugliche Messmethode zur objektiven Evaluierung von drahtlosen Übertragungsanlagen.

In diesem Beitrag wird daher ein möglichst realitätsnaher aber auch im praktischen Alltag beim Hörakustiker, HNO-Arzt oder in der Klinik einsetzbarer Messaufbau vorgestellt. Dabei wird in einem Messraum mit einem herkömmlichen Sprachaudiometer die für drahtlose Übertragungsanlagen typische Vortrags- oder Klassenraumsituation nachgebildet (siehe Abbildung 1). In dieser nachgebildeten Situation können verschiedene Sprachtests durchgeführt werden, sodass eine objektive Beurteilung möglich ist. Dabei wird darauf geachtet, dass wichtige Eigenschaften der realen Situation erhalten bleiben. Dadurch sind die Ergebnisse in die reale Situation übertragbar und intuitiv verständlich.

Messaufbau

Der vorgeschlagene Messaufbau besteht aus einem zweikanaligen Sprachaudiometer und drei Lautsprechern, welche von dem in Abbildung 2 gezeigten Bezugspunkt 1 m weit entfernt sind. Der frontale Lautsprecher wird für die Wiedergabe des Nutzschalls bzw. Sprachsignals verwendet. Die beiden seitlich angeordneten Lautsprecher werden an einem Kanal des Audiometers angeschlossen und geben das Störsignal wieder. Beim Vorhandensein eines Audiometers mit mehr als zwei Kanälen können die Lautsprecher auch an getrennte Kanäle angeschlossen werden. Wie in (Husstedt & Steinhauer, 2016) für die Verwendung des Freiburger Einsilbertests gezeigt wird, hat dies keinen signifikanten Einfluss auf das Messergebnis.

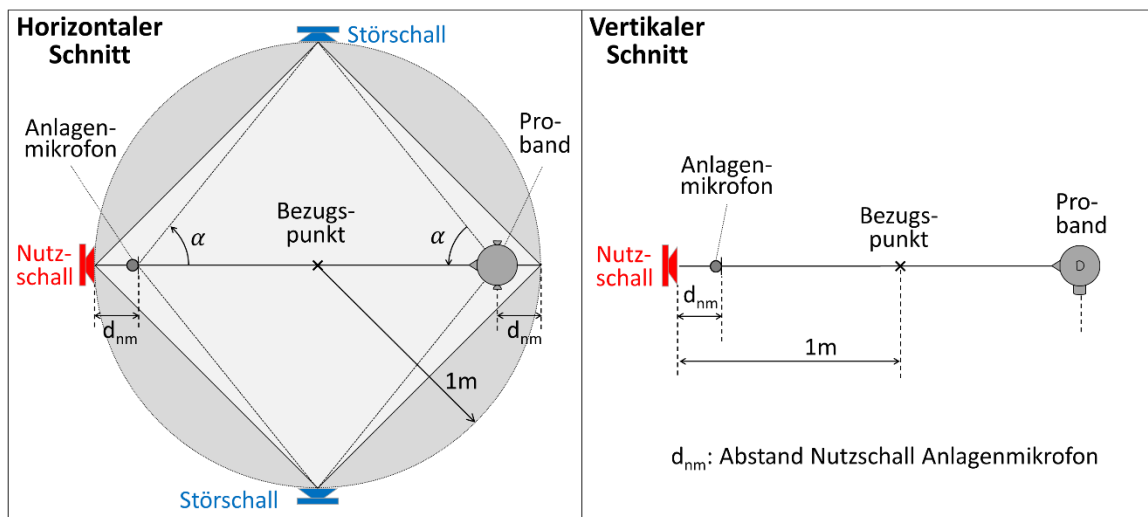


Abbildung 2: Schematische Zeichnung des Messaufbaus für eine Entfernung zum Bezugspunkt von 1 m.

Das diffuse Hintergrundgeräusch der realen Situation wird somit durch das über die zwei seitlichen Lautsprecher abgegebene Störgeräusch nachgebildet. Durch die gewählte Symmetrie des Messaufbaus bleiben dabei wichtige

Eigenschaften der realen Situation erhalten. Zunächst ist der Pegel des Störschalls an der Position des Anlagenmikrofons identisch mit dem Pegel an der Position des Probanden (Patienten). Dies ist sehr wichtig, um einen fairen Vergleich zwischen der Situation mit und ohne drahtloser Übertragungstechnik zu gewährleisten. Eine andere wichtige Eigenschaft ist, dass Sprache und Störschall, wie in der realen Situation, symmetrisch bezüglich der linken und rechten Seite des Patienten sind. Auf diese Weise müssen asymmetrische Hörverluste nicht gesondert betrachtet werden. Ein weiteres Merkmal des Messaufbaus ist, dass Sprache und Störschall nicht aus der gleichen Richtung kommen. Dadurch kann auch der Effekt von Richtmikrofontechnik, welche bei modernen drahtlosen Übertragungsanlagen eingesetzt wird, mit berücksichtigt werden.

Nachbildung der Situation ohne drahtlose Übertragungsanlage

Eine grundlegende Idee des Messaufbaus ist, dass die Entfernung zum Sprecher durch Anpassung des Sprachpegels nachgebildet wird und nicht der tatsächlichen Größe des Messaufbaus entspricht. Dafür wird die Formel von (Hopkins & Stryker, 1948) herangezogen, mit welcher der Schalldruckpegel in einem geschlossenen Raum für beliebige Abstände zur Quelle näherungsweise berechnet werden kann. Für diese Berechnung wird angenommen, dass der Sprachpegel eines normal laut sprechenden Vortragenden in 1 m Abstand im Freifeld 65 dB SPL entspricht. Darüber hinaus wird für einen menschlichen Sprecher, wie in (Crandell, et al., 2005), ein Bündelungsgrad von 4 angenommen. Damit lässt sich der Sprachpegel in Abhängigkeit von der Entfernung zum Sprecher r , der Nachhallzeit T und dem Volumen V des Raumes wie folgt darstellen

$$L_S = 10\text{dB} \log \left(k_1 \frac{1\text{m}^2}{r^2} + k_2 \frac{T}{V} \frac{1\text{m}^3}{1\text{s}} \right) \quad \text{mit } k_1 = 10^{65\text{dB}/10\text{dB}}, k_2 = 10^{83,82\text{dB}/10\text{dB}}. \quad (1)$$

Für die Nachbildung wird nun der Sprachpegel an der Position des Probanden (Patienten) entsprechend einer typischen Vortrags- bzw. Klassenraum angepasst. Hierfür wird ein Vortragsraum mit einem Volumen von $V = 300 \text{ m}^3$ und einer Nachhallzeit $T = 0,6 \text{ s}$ herangezogen. Zudem wird für den Abstand zwischen Zuhörer und Vortragendem eine Distanz von $r = 4 \text{ m}$ gewählt, sodass sich an der Position des Probanden ein Sprachpegel von 58 dB SPL ergibt (siehe Abbildung 3 a). Zeitgleich wird über die beiden seitlich angeordneten Lautsprecher ein beliebiges Störgeräusch mit frei wählbarem Pegel wiedergegeben, z.B. das sprachsimulierende Rauschen nach DIN EN 60645-2 mit einem Pegel von 60 dB SPL. Auf diese Weise wird die Situation ohne drahtlose Übertragungsanlage nachgebildet.

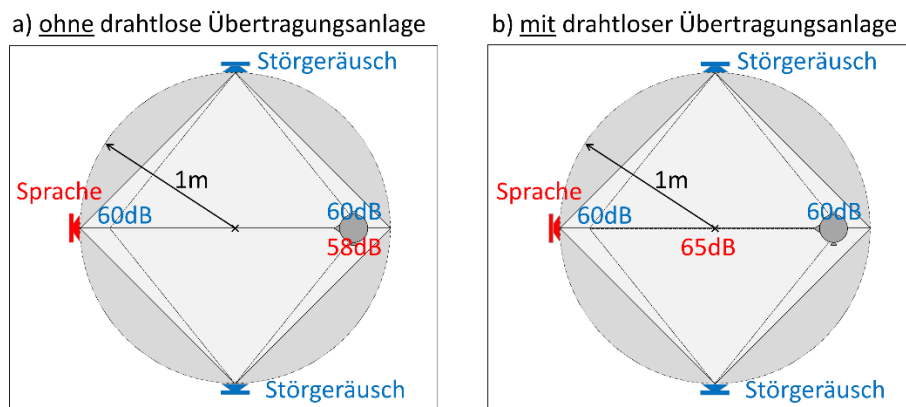


Abbildung 3: Einzustellende Pegel (a) ohne und (b) mit drahtloser Übertragungsanlage.

Nachbildung der Situation mit drahtloser Übertragungsanlage

In der Situation mit drahtloser Übertragungsanlage werden fast alle Voraussetzungen wie in der vorherigen Situation ohne drahtlose Übertragungsanlage hergestellt. Nur der Sprachpegel wird so eingestellt, dass der Pegel an der Position des Anlagenmikrofons der realen Situation entspricht. Das bedeutet, dass der Sprachpegel in 1 m Abstand auf 65 dB SPL eingestellt werden muss (entspricht hier 65 dB SPL am Bezugspunkt). Die Anpassung des

Sprachpegels ist notwendig, da es in dieser Situation nicht möglich ist, den Sprachpegel an der Position des Anlagenmikrofons und an der Position des Probanden der realen Situation entsprechend einzustellen. Es kann aber veranschaulicht werden, dass der in dieser Situation direkt übertragende Sprachschall bei einer sinnvollen Einstellung der Lautstärke der drahtlosen Übertragungsanlage vernachlässigt werden kann (siehe z. B. Appendix B in (ASHA, 2002)).

Lautstärke der drahtlosen Übertragungsanlage

Bei der Einstellung der Lautstärke der Übertragungsanlage ist es wichtig, dass das drahtlos übertragene Signal beim Zuhörer dominant ist. Nur so können die Vorteile der drahtlosen Übertragungstechnik wirksam werden. Trotzdem müssen auch die Geräusche in der Umgebung wahrgenommen werden können. In der realen Situation muss es dem Nutzer möglich sein, dem Vortragenden zu folgen und z.B. mit dem Tischnachbarn zu kommunizieren. Bei der Verwendung mit Hörgeräten gibt es beispielsweise in (ASHA, 2002) eine entsprechende Empfehlung, wie die Lautstärke mithilfe einer Messbox eingestellt werden kann. Auf eine genauere Betrachtung wird in diesem Beitrag jedoch verzichtet.

Messablauf

Für die Messung soll das Sprachverstehen in zwei Schritten mit und ohne drahtloser Übertragungsanlage bestimmt werden. Dafür kann ein beliebiger Sprachtest herangezogen werden. Es ist nur darauf zu achten, dass Sprach- und Störgeräuschpegel auf alle notwendigen Pegel eingestellt werden können (siehe Abbildung 3). Dies ist z. B. bei der Verwendung des Freiburger Einsilbertests gegeben. Beim ersten Schritt wird das Sprachverstehen zunächst ohne drahtlose Übertragungsanlage bestimmt. Dafür müssen die Pegel entsprechend Abbildung 3 a eingestellt werden. Diese Messung sollte in der beim Probanden im Alltag vorherrschenden Situation durchgeführt werden. Diese bedeutet, dass Menschen mit Hörhilfen, wie z.B. mit Hörgeräten oder Cochlea-Implantaten, diese in gewohnter Weise, wie bei einer realen Vortragssituation, verwenden sollten. Nur so kann der durch die drahtlose Übertragungsanlage hervorgerufene zusätzliche Nutzen erfasst werden. Im zweiten Schritt wird das Sprachverstehen mit drahtloser Übertragungsanlage ermittelt. Hier sind die Pegel entsprechend Abbildung 3 b einzustellen. Dabei ist es wichtig, dass die Lautstärke der drahtlosen Übertragungsanlage, wie im vorangehenden Abschnitt beschrieben, sinnvoll eingestellt ist. Als Messergebnis beider Schritte kann das Sprachverstehen mit und ohne drahtlose Übertragungsanlage direkt gegenübergestellt werden.

Endbetrachtung

Der vorgestellte Messaufbau erlaubt einen direkten Vergleich der Sprachverständlichkeit mit und ohne drahtlose Übertragungsanlage. Als Testsituation wird das Zuhören in einem Vortragsraum in einer gewissen Entfernung zum Sprecher bei einem gewissen Störgeräusch nachgebildet. Dabei können viele Parameter, wie der Abstand zum Sprecher, die Raumgröße, die Art und Lautstärke des Störgeräusches, der verwendete Sprachtest, etc. frei gewählt werden. Dennoch ist die Realisierung des Aufbaus ohne größere Modifikation beim Hörakustiker, HNO-Arzt oder in der Klinik möglich. Als Ergebnis kann das erzielte Sprachverstehen mit und ohne drahtlose Übertragungsanlage direkt gegenübergestellt werden. Zudem können verschiedene Anlagen miteinander verglichen werden. Dadurch kann der individuelle Nutzen einer drahtlosen Übertragungsanlage dem Anwender und dem Kostenträger objektiv und nachvollziehbar aufgezeigt werden.

Literaturverzeichnis

ASHA, 2002. Guidelines for fitting and monitoring FM systems. *American Speech-Language-Hearing Association Desk Reference*, 11(2), pp. 151 -171.

Chisolm, T. H., Noe, C. M., McArdle, R. & Abrams, H., 2007. Evidence for the Use of Hearing Assistive Technology by Adults: The Role of the FM System. *Trends in Amplification*, 11(2), pp. 73-89.

Crandell, C., Smaldino, J. & Flexer, C., 2005. *Sound field amplification: applications to speech perception and classroom acoustics*. s.l.:Thomson Delmar Learning.

Davis, D. & Patronis, E., 2014. *Sound System Engineering*. s.l.:Taylor & Francis.

Hopkins, H. & Stryker, N., 1948. A Proposed Loudness-Efficiency Rating for Loud-Speakers and the Determination of System Power Requirements for Enclosures. *Proceedings of the IRE*, March, 36(3), pp. 315-335.

Husstedt, H. & Steinhauer, J., 2016. Practicability Study of a Setup for the Evaluation of Wireless Remote Microphone Technology. *AudiologyNow!*.

Katz, J., Chasin, M., English, K. & Hood, L., 2014. *Handbook of Clinical Audiology*. s.l.:Lippincott Williams & Wilkins.

Metz, M., 2014. *Sandlin's Textbook of Hearing Aid Amplification: Technical and Clinical Considerations*. s.l.:Plural Publishing.

Purdy, S. C., Smart, J. L., Baily, M. & Sharma, M., 2009. Do children with reading delay benefit from the use of personal FM systems in the classroom?. *International Journal of Audiology*, 48(12), pp. 843-852.

Schafer, E. C. & Thibodeau, L. M., 2006. Speech Recognition in Noise in Children With Cochlear Implants While Listening in Bilateral, Bimodal, and FM-System Arrangements. *American Journal of Audiology*, 15(2), pp. 114-126.

Thibodeau, L., 2010. Benefits of Adaptive FM Systems on Speech Recognition in Noise for Listeners Who Use Hearing Aids. *American Journal of Audiology*, 19(1), pp. 36-45.

Thibodeau, L., 2014. Comparison of Speech Recognition With Adaptive Digital and FM Remote Microphone Hearing Assistance Technology by Listeners Who Use Hearing Aids. *American Journal of Audiology*, 23(2), pp. 201-210.

Valente, M., Hosford-Dunn, H. & Roeser, R., 2008. *Audiology: Treatment*. s.l.:Thieme.