

Phonak Field Study News.

Objektiv verbesserte Sprachübertragung mit Roger™ SoundField in lauten Räumen mit Nachhall.

Die Vorteile der Roger-Technologie für die Sprachverständlichkeit im Lärm und über Distanz sind gut belegt. Im Rahmen dieser Studie wurden technische Messungen durchgeführt, um akustische Parameter von Roger SoundField vorauszuwählen, die für Kinder mit normalem Hörvermögen in lauten Klassenzimmern mit Nachhall optimal sind. Das Ergebnis des Sprachübertragungsindex (Speech Transmission Index, STI) in der simulierten Akustik eines Klassenzimmers zeigte, dass Roger SoundField die Sprachverständlichkeit unter verschiedenen akustischen Bedingungen verbessern kann.

Rodrigues, T. November, 2022.

Highlights

- Der Sprachübertragungsindex (ein Maß für die Qualität, in der ein Sprachsignal vom Sprecher zum Zuhörer übertragen wird) verbessert sich und wird mit Roger SoundField (im Vergleich zu ohne Roger SoundField) gemäß der STI-Kategorisierung nach der DIN EN ISO 9921 als „ausgezeichnet“ bewertet.
- Roger SoundField zeigte verbesserte STI-Werte, was auf eine objektiv verbesserte Sprachübertragung in simulierten Klassenzimmerszenarien mit Nachhall hinweist.

Rückschlüsse für die Praxis

- Roger SoundField kann in Klassenzimmern mit schlechter Akustik die Sprachverständlichkeit für alle Schüler*innen verbessern.

Einführung

Kinder hören anders als Erwachsene. Das auditive Netzwerk im Gehirn von Kindern ist noch nicht voll entwickelt und die Zuhörfertigkeiten sind bei Kindern bis zu einem Alter von ungefähr 15 Jahren noch nicht ausgereift.² Unter schlechten akustischen Bedingungen und bei übermäßig lauten Hintergrundgeräuschen oder beim Hören über Distanz können Erwachsene ihre Lebens- und Sprecherfahrung nutzen, um die Lücken in einer Botschaft zu füllen. Kinder hingegen befinden sich noch im Spracherwerb und können nur auf begrenzte Lebenserfahrung zurückgreifen.³ Dies kann ihre Lernfähigkeit beeinträchtigen, ihre Höranstrengung erhöhen und ihre schulischen Leistungen mindern.⁴

Der Hintergrundgeräuschpegel in unbesetzten Klassenzimmern ist um rund 5 bis 15 dB höher als die empfohlenen 35 dB(A) und die Nachhallzeiten können den Standardwert von 0,6 Sekunden um das Zweifache oder mehr übersteigen.⁵ Dadurch kann sich die Spracherkennung und das Sprachverstehen für die Zuhörer*innen erheblich verschlechtern.⁶ Aus diesen Gründen ist es wichtig, dafür zu sorgen, dass alle Kinder im Klassenzimmer Zugang zu verständlicher Sprache von Lehrkräften, Mitschüler*innen und anderen haben.

Die Vorteile des SoundField Verstärkungssystems in Klassenzimmern sind gut dokumentiert.⁷ In Bezug auf die kognitive Entwicklung kann ein Signal-Rausch-Abstand (SNR), der sich kontinuierlich im positiven Bereich befindet, Kindern in lauten Klassenzimmern mit Nachhall dabei helfen, sich besser zu konzentrieren und die Lehrkraft besser zu hören und zu verstehen.^{4, 8}

Studien haben belegt, dass die Fähigkeit der Schüler*innen, sich besser auf eine bestimmte Aufgabe zu konzentrieren, um bis zu 16% zunimmt.⁴ Des Weiteren wurden Verbesserungen bei der Phonemwahrnehmung und der phonischen Leistung für das Lesen festgestellt.⁹

Für Lehrkräfte bedeutet gehört zu werden und die Aufmerksamkeit im Klassenzimmer auf sich zu lenken, ohne ihre Stimme erheben zu müssen, eine geringere stimmliche Belastung und weniger Ermüdung am Tagesende.^{10, 11} Da die Stimme der Lehrkraft durch diese Systeme auch bei Hintergrundgeräuschen und über Distanz hinweg an Qualität gewinnt, können Kinder mit Hörverlust, Kinder mit einer anderen Muttersprache, Kinder mit Aufmerksamkeitsdefizit-Syndrom oder Entwicklungsverzögerungen ihren Platz im Klassenzimmer frei wählen.¹¹ Diese Lösungen haben zudem positive Auswirkungen auf das Verhalten, die Einstellung, das Engagement und die aktive Beteiligung der Schüler*innen im Unterricht^{8, 12, 13} sowie auf das Selbstwertgefühl beim Lernen.¹⁴ Da die Akzeptanz dieser Systeme unter den Kindern gut ist, wird zudem die Stigmatisierung von Kindern mit Lernschwierigkeiten verringert.¹⁵

Die jüngsten globalen Ereignisse der Covid-19-Pandemie und die damit einhergehenden Sicherheitsmaßnahmen wie Abstandhalten und Tragen eines Mund-Nasen-Schutzes haben die Herausforderungen beim Zuhören im Klassenzimmer weiter erschwert.

Eine Lösung wie Roger SoundField mit adaptiver Mikrofontechnologie kann helfen, diese Probleme zu lösen und die Hörbarkeit für das Lernen im Klassenzimmer zu optimieren.

Frühere Studien haben gezeigt, dass die Roger-Technologie in Verbindung mit persönlichen unterstützenden Hörsystemen die Sprachverständlichkeit verbessern kann.^{4, 16, 17} Wie sich Roger SoundField auf Schüler*innen mit normalem Hörvermögen auswirkt, wurde hingegen bisher kaum untersucht. Aus diesem Grund haben wir versucht, den Nutzen von Roger SoundField im Klassenzimmer für alle Schüler*innen besser zu verstehen.

Das Hauptziel dieser Studie lag in der Bewertung des Einflusses des Roger Dynamic SoundField Systems auf den objektiven STI-Wert in einem lauten Klassenzimmer mit Nachhall.

Methodik

Ausrüstung

Im Laborraum des Kommunikationsakustik-Simulators (KAS) am Hörzentrum Oldenburg wurden raumakustische Messungen unter verschiedenen Raumbedingungen durchgeführt. Der KAS ist mit einem Nachhallsystem ausgestattet, mit dem verschiedene akustische Situationen in Klassenzimmern nachgestellt werden können, die sich in Bezug auf Nachhallzeiten und frühe Reflexionen unterscheiden.¹⁸

Es wurden vier Nachhallbedingungen im Frequenzbereich von 125 bis 4.000 Hz gemessen. Die resultierenden mittleren Nachhallzeiten waren:

- KAS AUS – 0,35 Sekunden
- KAS AN bei guter Akustik – 0,48 Sekunden
- KAS AN bei schlechter Akustik – 0,83 Sekunden
- KAS AN bei sehr schlechter Akustik – 0,97 Sekunden

Acht Tische mit je 2 Stühlen wurden in 3 Reihen im Raum angeordnet (Abbildung 1). Mittig vor jedem Stuhl wurde in einer Höhe von 1,20 m über dem Boden ein Mikrofon angebracht, was ungefähr der Höhe der Ohren eines sitzenden Schülers entspricht. Mit rosa Rauschen als Anregungssignal wurden in dem möblierten KAS-Raum an den 16 Mikrofonpositionen die Impulsantworten gemessen.

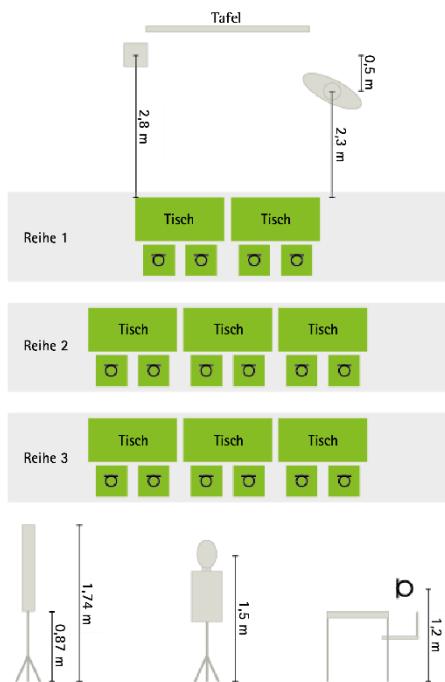


Abbildung 1. Versuchsaufbau für die Impulsantwortmessung im KAS-Raum am Hörzentrum Oldenburg.

Es wurden zwei Klangbedingungen verglichen, wie in Tabelle 1 unten angegeben:

1. Roger SoundField AUS: Nur durch einen Mundsimulator, der in einen künstlichen Kopf eingebaut ist – HATS 4128-C-001 von Brüel & Kjaer. Der Mundsimulator erzeugt ein Signal mit einem äquivalenten Dauerschallpegel von 65 dB(A). Der Schallpegel, der die Mikrofone in Reihe 1 erreichte, betrug 57 dB(A), und in Reihe 3 betrug er 54 dB(A).
2. Roger SoundField AN: Roger DigiMaster 5000 mit einem Inline-Array mit 12 Lautsprechern und einem Audioeingang über das Roger Touchscreen Mic. Das Mikrofon erzeugte ein Signal mit einem äquivalenten Dauerschallpegel von 63 dB(A). Roger SoundField AN führte zu einer Anhebung des Pegels der Sprachsignale, die die Mikrofone erreichten, um 3 dB, das heißt, es wurden 60 dB(A) in Reihe 1 und 57 dB(A) in Reihe 3 gemessen.

	SoundField AUS	SoundField AN
Reihe 1	57 dB(A)	60 dB(A)
Reihe 3	54 dB(A)	57 dB(A)

Tabelle 1. Schallpegel, die die Mikrofone in Reihe 1 und Reihe 3 erreichen, für SoundField AUS und SoundField AN

Verfahren

Der Speech Transmission Index (STI) wurde aus den gemessenen Impulsantworten an den verschiedenen Stuhlpositionen berechnet und der äquivalente Dauerschallpegel wurde bestimmt. Der Einfluss

verschiedener Geräuschsignale, Geräuschpegel und Nachhallzeiten in den Räumen auf den STI wurde gemäß DIN EM ISSO 3382-1 gemessen.

Der STI ist ein Maß für die Qualität, in der ein Sprachsignal vom Sprecher zum Zuhörer übertragen wird. Er gibt die Übertragungsqualität als numerischen Wert im Bereich von 0 (schlecht/unverständlich) bis 1 (ausgezeichnet) an (bzw. $< 0,3$ und $> 0,95$, gemäß DIN EN ISO 9921). Der STI ist eine raumakustische Messmethode, die nur für die Analyse linearer, zeitinvarianter Systeme oder Räume geeignet ist und die vom Zuhörer zu erwartende Sprachverständlichkeit beschreibt.²¹

Um den Einfluss des dynamischen Verhaltens des Roger-Systems zu verringern, wurde seine adaptive Verstärkungsfunktion umgangen und die Impulsantworten für die lineare Signalverarbeitung von Roger SoundField gemessen. Hierzu wurden die Eingangssignale elektrisch über den 3,5-mm-Direktsignaleingang am Roger Touchscreen Mic eingespeist. Es wurden drei manuelle, einfache Verstärkungsstufen gemessen: 0, +2 und +4. Dies ermöglichte einen direkten Vergleich des STI für Roger SoundField AUS vs. AN bei bestimmten Hintergrundgeräuschpegeln.

Der Einfluss von Störgeräuschen auf den STI wurde für 2 stationäre Störgeräuschsignale (OLnoise männlich und weiblich) ermittelt. OLnoise ist eine synthetische Mischung aus zeitversetzten Äußerungen, die von OLSA-Testsätzen abgeleitet sind. Es wurde beschlossen, für die weiteren Untersuchungen OLnoise (weiblich) zu verwenden, da dies den besten Maskierungseffekt für das verwendete Sprachmaterial zeigte und die Tatsache widerspiegelt, dass die Mehrheit der Grundschullehrer*innen weiblich ist.

Ergebnisse

Die Ergebnisse wurden anhand einer ANOVA mit Messwiederholungen (IBM SPSS) mit den folgenden Innersubjektfaktoren analysiert:

- Roger SoundField AUS vs. AN
- Nachhallzeiten für die Raumakustik für KAS AUS (0,35 Sek.), KAS AN Gut (0,48 Sek.), KAS AN Schlecht (0,83 Sek.) und KAS AN Sehr schlecht (0,97 Sek.)
- Hintergrundgeräuschpegel (OLnoise) wie folgt: 23 dB(A) am Boden, 45, 50, 55, 60 und 65 dB SPL.

Es wurden signifikante Haupteffekte für alle 3 Faktoren gefunden sowie signifikante Wechselwirkungen zwischen Roger SoundField und Raumakustik, Roger SoundField und Geräuschpegel und zwischen Raumakustik und Geräuschpegel ermittelt (alle $p < 0,001$).

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass Roger SoundField in Räumen mit Nachhall vorteilhaft sein kann. Der mittlere STI-Wert nahm im Allgemeinen mit steigendem Geräuschpegel ab (Abbildung 2) und verschlechterte sich mit zunehmender Nachhallzeit (der Posthoc-Vergleich zwischen guter und schlechter Klassenraumakustik ergab jedoch keinen signifikanten Unterschied). Roger SoundField führte zu einer signifikanten mittleren STI-Verbesserung von 0,048 für die stationäre OLnoise-f-Stimuli.

- Wechselwirkung von Roger SoundField mit der Raumakustik:

Eine Zunahme des STI wurde bei Roger SoundField AN im Vergleich zu Roger SoundField AUS beobachtet. Dieser Effekt entsprach ungefähr dem für die akustischen Bedingungen KAS AUS, KAS AN bei guter und schlechter Akustik und war größer für KAS AN bei sehr schlechter Akustik im Klassenzimmer.

- Wechselwirkung von Roger SoundField mit dem Geräuschpegel:

Für Bedingungen ohne Störgeräusch wurden mittlere STI-Werte zwischen 0,72 (gut) und 0,78 (ausgezeichnet) erzielt. Mit Roger SoundField AN zeigte der STI sogar noch weitere Verbesserungen. Die Mittelwerte lagen zwischen 0,75 und 0,8, was nach der STI-Kategorisierung gemäß DIN EN ISO 9921 „exzellent“ bedeutet.

Der Unterschied des STI für Roger SoundField AN vs. AUS stieg mit zunehmendem Geräuschpegel an. Bei Hintergrundgeräuschpegeln über 55 dB SPL erreichte der STI mit Roger SoundField AN jedoch unter 0,45 („befriedigend“ bis „schlecht/ungenügend“). Dies weist darauf hin, dass Roger SoundField den STI unter allen Bedingungen verbessert, wenn auch nur geringfügig bei angemessener Raumakustik und niedrigen Hintergrundgeräuschpegeln.

- Wechselwirkung zwischen Raumakustik und Geräuschpegel:

Der Unterschied des STI für Räume mit zunehmender Nachhallzeit nimmt mit steigendem Geräuschpegel deutlich ab, bis er bei einem Hintergrundgeräuschpegel von 60 dB(A) und mehr ganz verschwindet. Diese Interaktion bestätigt die Gültigkeit des Experimentaufbaus.^{22, 23}

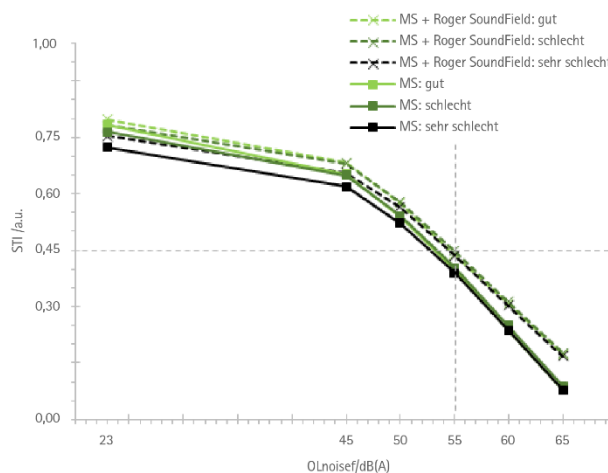


Abbildung 2: Durchschnitt des STI aller Stuhlpositionen mit OLnoisef unter guten (0,48 Sek.), schlechten (0,83 Sek.) und sehr schlechten (0,97 Sek.) Nachhallbedingungen im Raum und für Roger SoundField AUS vs. AN. MS = Mundsimulator

Fazit

Die Akustik in Klassenzimmern entspricht oft nicht den Empfehlungen der American Speech-Language-Hearing Association¹⁵ und den Empfehlungen der deutschen Norm DIN 18041. Damit stellt Roger SoundField eine Möglichkeit dar, die Sprachverständlichkeit für alle Schüler*innen zu verbessern und sicherzustellen, dass die Stimme der Lehrkraft unabhängig von der Sitzposition der Schüler*innen hörbar bleibt. Die erhebliche Auswirkung von Lärm und Nachhall auf die Sprachwahrnehmung von Kindern wurde in mehreren Arbeiten dokumentiert.^{23, 24, 25, 26}

Mit Roger SoundField konnten Verbesserungen des STI zwischen 0,04 und 0,052 (im Durchschnitt) gezeigt werden. Insgesamt deuten die Ergebnisse dieser Studie darauf hin, dass Roger SoundField das Potenzial hat, die Sprachverständlichkeit unter allen Bedingungen und insbesondere in Räumen mit höheren Nachhallzeiten zu verbessern.

Die Beurteilung der Sprachverständlichkeit zu Forschungszwecken kann sich insbesondere bei Kindern und Jugendlichen als schwierig erweisen, weshalb die Ergebnisse dieser Studie eine Möglichkeit darstellen, eine Vorauswahl der optimalen raumakustischen Parameter zu treffen. Um die klinische Relevanz zu untersuchen, wird in einer Folgestudie die Leistung von Roger SoundField bei Kindern mit normalem Hörvermögen unter verschiedenen Raumbedingungen sowie unter Verwendung der in dieser Studie definierten Parameter für die Akustik in Klassenzimmern und den Lärmpegel untersucht. In der Folgestudie werden vier Bedingungen untersucht: KAS AN für gute und schlechte Klassenzimmerakustik, sowie Roger SoundField AN und AUS bei einem Hintergrundgeräuschpegel von 55 dB(A).

Literatur

1. Vercammen, C., Ferguson, M., Kramer, S.E., et al. (2020). *Well-Hearing is Well-Being*. *Hearing Review*, 27(3), 18–22. Quelle: <https://www.hearingreview.com/hearing-loss/patient-care/counseling-education/well-hearing-is-well-being>, Zugriff am 27. Oktober 2022.
2. Flexer, C. (2002). *Rationale and use of soundfield systems: An update*. *The Hearing Journal*, 55(8), 10–18.
3. Palmer, C.V. (1997). *Hearing and listening in a typical classroom*. *Language, Speech and Hearing Services in Schools*, 28, 213–218.
4. Wolfe, J., Morais, M., Neuman, S., et al. (2013). *Evaluation of speech recognition with personal FM and classroom audio distribution systems*. *Journal of Educational Audiology*, 19, 65–79.
5. Knecht, H.A., Nelson, P.B., Whitelaw, G.M. & Feth, L.L. (2002). *Background noise levels and reverberation times in unoccupied classrooms: Predictions and measurements*. *American Journal of Audiology*, 11, 65–71.
6. Crandell, C., & Bess, F. (1986). *Speech recognition of children in a "typical" classroom setting*. *American Speech, Language, & Hearing Association*, 29, 87.
7. Appleton-Huber, J., Bacic, L., Drexler, J. & Venkatesan, A. (2018). *A review of classroom soundfield amplification systems*. *Phonak Compendium (phonakpro.com)*, Zugriff am 27. Oktober 2022.
8. Langlan, L.A., Ravichandran, S., Caissie, R., Kreisman, B.M. (2009). *The benefit of soundfield amplification in First Nations elementary school children in Nova Scotia, Canada*. *The Australian and New Zealand Journal of Audiology*, 31(2), 55–71.
9. Bennett-Long, A. (2001). *The effects of soundfield amplification on reading achievement*. *Valdosta State University*. Quelle: <http://citeseerx.ist.psu.edu>
10. Roy, N., Weinrich, B., Gray, S.D, Tanner, K., Toledo, S.W., Dove, H., Corbin-Lewis, K. & Stemple, J.C. (2002). *Voice amplification versus vocal hygiene instruction for teachers with voice disorders: A treatment outcomes study*. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 45, 625–638.
11. Cruz, A. D. da, Silvério, K. C. A., Ribeiro, V. V. & Jacob, R. T. de S. (2016). *Dynamic soundfield system impact on the teacher's voice: case report*. *Revista CEFAC*, 18(5), 1260–1270.
12. Kreisman, B.M. & Crandell, C.C. (2002). *Frequency modulation (FM) systems for children with normal hearing*. *Journal of Education Audiology*, 10, 21–25.
13. Massie, R., Theodoros, D., McPherson, B., & Smaldino, J. (2004). *Soundfield amplification: Enhancing the classroom listening environment for Aboriginal and Torres Strait Islander children*. *The Australian Journal of Indigenous Education*, 33, 47–53.
14. American Speech-Language-Hearing Association. (2002). *Appropriate school facilities for students with speech-language-hearing disorders [Technical report]*. Quelle: www.asha.org/policy
15. American Speech-Language-Hearing Association. (2005). *Acoustics in educational settings: [Position statement]*. Quelle: www.asha.org/policy
16. Thibodeau L. (2014) *Comparison of speech recognition with adaptive digital and FM remote microphone hearing assistance technology by listeners who use hearing aids*. *Am J Audiol*. 23(2):201–10.
17. Thibodeau, L. (2020). *Benefits in speech recognition in noise with remote wireless microphones in group settings*. *J Am Acad Audiol*. 31(6), 404–411.
18. Poletti, M. (2006). *The Control of Early and Late Energy Using the Variable Room Acoustics System*. *Proceedings of ACOUSTICS 2006, 20–22 November 2006*. Quelle: https://www.researchgate.net/publication/241323723_Control_of_early_and_late_energy_in_rooms_with_the_variable_room_acoustics_system, Zugriff am 27. Oktober 2022.
19. DIN EN ISO 3382-1:2009-10. *Akustik – Messung von Parametern der Raumakustik – Teil 1: Aufführungsräume (ISO 3382-1:2009)*; Deutsche Fassung EN ISO 3382-1:2009.
20. DIN EN ISO 9921:2004-02. *Ergonomie – Beurteilung der Sprachkommunikation (ISO 9921:2003)*; Deutsche Fassung EN ISO 9921:2003.
21. IEC (1998). *Sound system equipment – Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index*. IEC standard 60268-16, Second edition.
22. Klatte, M., Lachmann, T., & Meis, M. (2010). *Effects of noise and reverberation on speech perception and listening comprehension of children and adults in a classroom-like setting*. *Noise and Health: Special issue on Noise, Memory and Learning*, 12, 270–282.
23. Klatte, M., Lachmann, T., & Meis, M. (2011). *Effects of noise and reverberation on verbal short-term memory in young adults in a classroom-like setting*. *9th biennial conference on Environmental Psychology, held from Sept. 26–28 2011 in Eindhoven, NL*. Contribution ID: 117.
24. Meis, M., A. Schick, Klatte, M., Nocke, C. (2002). *Ruhiger lernen, Trockenbau Akustik*, H. 9 / 2002, S. 34–40, 2002.
25. Schick, A., Klatte, M. & Meis, M. (1999). *Die Lärmbelastung von Lehrern und Schülern – ein Forschungsstandsbericht*, *Zeitschrift für Lärmbekämpfung*, 46 (3), 77–87.
26. Schick, A., Klatte, M., Meis, M. & Nocke, C. (2003). *9. Oldenburger Symposium zur Psychologischen Akustik: Hören in Schulen*. *Beiträge zur Psychologischen Akustik*. Oldenburg: BIS.

Autor*innen und Forscher*innen

Interner Forschungsleiter



Dr. Latzel studierte Elektrotechnik in Bochum und Wien und schloss im Jahr 1995 sein Studium ab. Nach seiner Promotion im Jahr 2001 arbeitete er von 2002 bis 2004 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Audiologie der Universität Gießen. Ab 2001 war er Leiter der Audiologie bei Phonak Deutschland. Seit 2012 ist er am Hauptsitz von Sonova in der Schweiz tätig. Aktuell hat er eine Position als Senior Expert Clinical Studies inne.

Externe Forschungsleiter*innen



Dr. Meis schloss 1997 seine Promotion in medizinischer Psychologie an der Ludwig-Maximilians-Universität München ab. Er war Postdoc-Stipendiat an der Oldenburger Graduiertenschule für Psychoakustik. In seiner wissenschaftlichen Position koordiniert er sowohl öffentlich finanzierte Projekte als auch Auftragsforschung, wie z. B. Versorgungsforschung, in den Bereichen Audiologie, Lebensqualität, Mensch-Maschine-Interaktion und Anforderungsanalysen. Er engagierte sich in Normenausschüssen, wie z. B. für die DIN 18041 („Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung“).



Dr. Zokoll konzentriert sich auf Studien zur Bewertung von Hör- und Audiosystemen sowie auf audilogische Forschung. Sie kam nach einer Forschungstätigkeit an der Universität Oldenburg auf dem Gebiet der Audiologie und Sprachaudiometrie 2017 zum Hörzentrum. Melanie studierte an der Technischen Universität München Biologie und erwarb an der Universität Oldenburg ihren Doktor der Naturwissenschaften. Sie hat außerdem einen Hintergrund in Psychoakustik und Neurowissenschaften.

Autorin



Tania wurde an der Universität von Kapstadt in Südafrika als Hörakustikerin ausgebildet. Sie sammelte vielfältige Erfahrungen in der klinischen Praxis im öffentlichen und privaten Sektor in Großbritannien, bevor sie 2013 zu Phonak kam.