

Phonak Field Study News.

Obiektywna poprawa transmisji mowy w hałaśliwych pomieszczeniach z pogłosem podczas korzystania z systemu Roger™ SoundField.

Korzyści wynikające z zastosowania technologii Roger w zakresie zrozumiałości mowy w hałasie i z odległości są powszechnie znane. Pomiar techniczny przeprowadzony w tym badaniu miał na celu wstępny dobór optymalnych parametrów akustycznych pomieszczenia wyposażonego w system Roger SoundField pod kątem dzieci z prawidłowym słuchem funkcjonalnym przebywających w hałaśliwych, pogłosowych salach lekcyjnych. Ocena wskaźnika transmisji mowy (STI) w symulowanej akustyce klasy wykazała, że system Roger SoundField może poprawić zrozumiałość mowy w różnych warunkach akustycznych.

Rodrigues, T., listopad 2022.

Główne wnioski

- Wskaźnik transmisji mowy (miara jakości, z jaką mowa jest przekazywana od mówcy do słuchacza) ulega poprawie i jest sklasyfikowany jako „doskonały” w przypadku zastosowania systemu Roger SoundField (w porównaniu z warunkami bez tego systemu), zgodnie z kategoryzacją wskaźnika STI (ang. Speech Transmission Index) w normie DIN EN ISO 9921.
- Odnotowano poprawę wartości wskaźnika STI w przypadku zastosowania systemu Roger SoundField, wskazując na obiektywnie lepszą transmisję mowy w pomieszczeniach symulujących salę lekcyjną z pogłosem.

Uwagi praktyczne

- Zastosowanie systemu Roger SoundField w salach lekcyjnych o słabej akustyce może poprawić zrozumiałość mowy uczniom.

Wprowadzenie

Dzieci słuchają w inny sposób niż dorośli. Sieć słuchowa w mózgu dziecka nie jest w pełni rozwinięta, a jego umiejętności słuchania są niedojrzałe do około 15 roku życia². W sytuacjach, gdy akustyka jest słaba, hałas w tle jest nadmierny lub gdy mówca mówi z daleka, dorośli mogą wykorzystać swoje doświadczenie życiowe i językowe, aby wypełnić luki w komunikacji. Z kolei młodzi uczniowie wciąż uczą się języka i mają ograniczone doświadczenie życiowe, z którego mogą czerpać³. Może to pogarszać ich zdolność do uczenia się, zwiększać wysiłek słuchowy i negatywnie wpływać na osiągnięcia w nauce⁴.

Poziomy hałasu w pustych salach lekcyjnych są zwykle o 5–15 dB wyższe niż zalecane 35 dB(A), a czas pogłosu może przekraczać normę 0,6 sekundy dwukrotnie, a nawet więcej razy⁵. Może to znacznie ograniczać rozpoznawanie i rozumienie mowy przez słuchacza⁶. Z tego względu ważne jest zagwarantowanie, by w sali lekcyjnej wszystkie dzieci mogły wyraźnie słyszeć nauczycieli, uczniów i inne osoby.

Korzyści wynikające z zastosowania systemów nagłośnienia w salach lekcyjnych zostały dobrze udokumentowane⁷. Jeśli chodzi o rozwój poznawczy, utrzymanie stałe dodatniego stosunku sygnału do szumu (SNR) w głośnej i pełnej pogłosu sali lekcyjnej ułatwia młodym uczniom koncentrację, słyszenie i rozumienie nauczyciela^{4,8}.

W badaniach udokumentowano poprawę zdolności uczniów do większego zaangażowania się i koncentracji na konkretnych zadaniach aż o 16%⁴. Ponadto zauważono poprawę świadomości fonemicznej i umiejętności fonicznych w zakresie czytania⁹.

Dla nauczycieli bycie słyszonym i przyciąganie uwagi w klasie bez konieczności podnoszenia głosu oznacza mniejszy wysiłek głosowy i mniejsze zmęczenie głosu pod koniec każdego dnia^{10,11}. Ponieważ systemy te poprawiają jakość słyszenia głosu nauczyciela w hałasie i z odległości, wybór konkretnych miejsc w klasie zajmowanych przez dzieci z ubytkiem słuchu, uczące się w języku innym niż ojczystym, z zespołem zaburzeń koncentracji uwagi lub opóźnieniami rozwojowymi nie jest już fizycznie ograniczony¹¹. Wykazano również, że rozwiązania te mają pozytywny wpływ na zachowania i postawy uczniów, ich udział w lekcji i zaangażowanie^{8,12,13}, a także na zwiększenie poczucia własnej wartości podczas nauki¹⁴. Ponieważ dzieci chętnie akceptują te systemy, zmniejsza się stygmatyzacja dzieci z jakimikolwiek problemami utrudniającymi naukę¹⁵.

Ostatnie wydarzenia na świecie dodatkowo skomplikowały wyzwanie, jakim jest słyszenie w klasie, w wyniku wdrożenia

protokołów bezpieczeństwa Covid-19 polegających na społecznym dystansie i noszeniu maseczek. Rozwiązanie takie jak Roger SoundField, z adaptacyjną technologią mikrofonową, może pomóc w pokonaniu tych wyzwań i zoptymalizowaniu słyszalności mowy w sali lekcyjnej.

Wcześniejsze badania wykazały, że technologia Roger w połączeniu z osobistymi urządzeniami wspomagającymi słyszenie poprawia zrozumiałość mowy^{4,16,17}. Rozszerzenie tych badań o zastosowanie Roger SoundField w odniesieniu do uczniów, których słyszenie mieści się w normie, jest jednak bardziej ograniczone. Dlatego naszym celem było lepsze zrozumienie, jakie korzyści wszystkim uczniom zapewnia system Roger SoundField w sali lekcyjnej.

Podstawowym celem badania była ocena wpływu systemu Roger Dynamic SoundField na obiektywną wartość wskaźnika STI w sali lekcyjnej, w której występuje hałas i pogłos.

Metodologia

Sprzęt

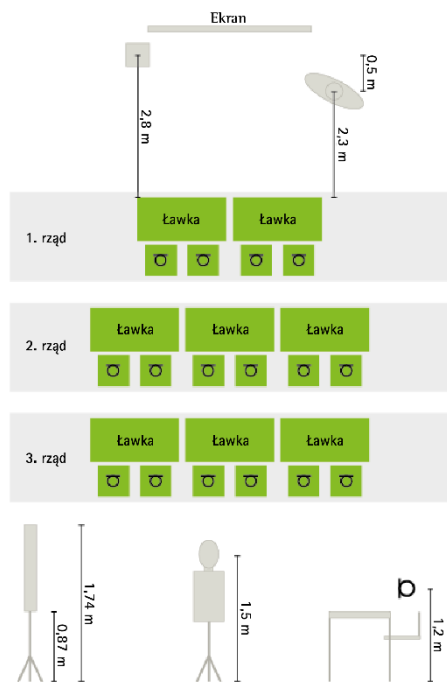
Pomiary akustyczne pomieszczeń o różnych warunkach przeprowadzono w pomieszczeniu laboratoryjnym – Symulatorze Akustyki Komunikacyjnej (KAS) w ośrodku Hörzentrum w Oldenburgu.

Symulator KAS jest wyposażony w cyfrowy system generowania pogłosu, który może być wykorzystany do symulacji różnych warunków akustycznych w salach lekcyjnych różniących się czasem pogłosu, jak również wczesnymi odbiciami¹⁸.

Pomiary wykonano w odniesieniu do czterech warunków pogłosowych w zakresie częstotliwości od 125 do 4000 Hz. Otrzymane średnie czasy pogłosu wyniosły:

- Symulator KAS wyłączony – 0,35 s
- Symulator KAS włączony, dobra akustyka – 0,48 s
- Symulator KAS włączony, słaba akustyka – 0,83 s
- Symulator KAS włączony, bardzo słaba akustyka – 0,97 s

W sali ustawiono w 3 rzędach osiem ławek, a przy każdej z nich po 2 krzesła (Rys. 1). Na środku każdego krzesła, na wysokości 1,20 m nad podłogą umieszczono mikrofon, symulując wysokość, na której znajdują się uszy siedzącego ucznia. W tak umeblowanym pomieszczeniu symulatora KAS były mierzone odpowiedzi impulsowe w 16 rozmieszczonych na krzesłach mikrofonach przy szumie różowym jako sygnale wzbudzającym.



Rysunek 1. Układ eksperymentalny do pomiarów odpowiedzi impulsowej w symulatorze KAS w ośrodku Hörzentrum w Oldenburgu.

Porównano dwie konfiguracje warunków akustycznych opisane w Tabeli 1:

1. System Roger SoundField wyłączony: dźwięk dostarczany wyłącznie z symulatora ust wbudowanego w sztuczną głowę – HATS 4128-C-001 firmy Brüel & Kjaer. Zapewniało to sygnał o równoważnym ciągłym poziomie 65 dB(A). Poziom sygnału docierającego do mikrofonów w 1. rzędzie wynosił 57 dB(A), a w 3. rzędzie – 54 dB(A).
2. System Roger SoundField włączony: Roger DigiMaster 5000 z 12-głośnikową kolumną i wejściem audio mikrofonu Roger Touchscreen Mic. W ten sposób wygenerowano sygnał o równoważnym ciągłym poziomie szumu 63 dB(A). Włączenie systemu Roger SoundField spowodowało wzrost poziomu sygnału mowy docierającego do mikrofonów o 3 dB, tj. do poziomu 60 dB(A) w 1. rzędzie i 57 dB(A) w 3. rzędzie.

	System SoundField wyłączony	System SoundField włączony
1. rząd	57 dB(A)	60 dB(A)
3. rząd	54 dB(A)	57 dB(A)

Tabela 1. Poziomy sygnału docierającego do mikrofonów w 1. i 3. rzędzie w przypadku wyłączonego i włączonego systemu SoundField

Procedura

Wskaźnik transmisji mowy (STI) obliczono na podstawie odpowiedzi impulsowych zmierzonych na różnych krzesłach, określono też równoważny ciągły poziom sygnału. Wpływ różnych sygnałów szumu, poziomów szumu i czasów

pogłosu w pomieszczeniach na wskaźnik STI zmierzono zgodnie z normą DIN EM ISO 3382-1.

Wskaźnik STI jest miarą jakości, z jaką mowa jest przekazywana od osoby mówiącej do słuchacza. Wskazuje on jakość transmisji jako wartość liczbowa w zakresie od 0 (zła/niezrozumiała) do 1 (doskonała) (lub odpowiednio $<0,3$ i $>0,95$ zgodnie z normą DIN EN ISO 9921). Wskaźnik STI jest metodą pomiaru akustyki pomieszczenia nadającą się jedynie do analizy systemów lub pomieszczeń o charakterystyce liniowej i niezmienniej w czasie i opisuje zrozumiałość mowy oczekiwanej przez słuchacza²¹.

Aby ominąć wpływ dynamicznego zachowania systemu Roger, ominięto jego funkcję adaptacyjnego wzmocnienia i zmierzono odpowiedzi impulsowe dla liniowego przetwarzania sygnału przez system Roger SoundField. Dokonano tego poprzez elektryczne podawanie sygnału wejściowego przez bezpośrednie wejście sygnału 3,5 mm w mikrofonie Roger Touchscreen Mic. Zmierzono trzy manualnie wybierane poziomy wzmocnienia (easy gain): 0, +2 i +4. Pozwoliło to na bezpośrednie porównanie wskaźnika STI przy wyłączonym i włączonym systemie Roger SoundField oraz określonych poziomach hałasu.

Wpływ hałasu na wskaźnik STI określono dla 2 stacjonarnych sygnałów szumu (męskiego i żeńskiego Olnoise). Olnoise jest syntetyzowaną mieszką przesuniętych w czasie wypowiedzi pochodzących z testu zdaniowego OLSA. Do dalszych badań postanowiono wykorzystać sygnał Olnoise (żeński), ponieważ miał on najlepszy efekt maskujący w odniesieniu do użytych materiałów mowy oraz ze względu na to, że większość nauczycieli szkół podstawowych stanowią kobiety.

Wyniki

Wyniki przeanalizowano przy użyciu metody powtórzonych pomiarów ANOVA (IBM SPSS) z zastosowanymi po kolei następującymi czynnikami:

- Roger SoundField wyłączony i włączony
- Czas pogłosu w pomieszczeniu dla wyłączonego symulatora KAS (0,35 s), włączonego symulatora KAS i dobrej akustyce (0,48 s), włączonego symulatora KAS i słabej akustyce (0,83 s) oraz włączonego symulatora KAS i bardzo słabej akustyce (0,97 s)
- Poziomy hałasu (Olnoise): 23 dB(A) przy podłodze, 45, 50, 55, 60 i 65 dB SPL.

Stwierdzono istotne efekty główne dla wszystkich 3 czynników, a także istotne interakcje pomiędzy systemem Roger SoundField a akustyką pomieszczenia, systemem Roger SoundField a poziomem hałasu oraz pomiędzy akustyką pomieszczenia a poziomem hałasu (wszystkie $p < 0,001$).

Wyniki wskazują na korzystne skutki zastosowania systemu Roger SoundField w pomieszczeniach z pogłosem. Średni wskaźnik STI ogólnie malał wraz ze wzrostem poziomu hałasu (Rys. 2) i pogarszał się wraz ze wzrostem czasu pogłosu (ale porównanie post hoc dobrej i złej akustyki sali lekcyjnej nie wykazało istotnej różnicy). System Roger SoundField pozwolił uzyskać znaczącą średnią poprawę wskaźnika STI – o 0,048 w przypadku stacjonarnych sygnałów OlnoiseF.

- Interakcja systemu Roger SoundField z akustyką pomieszczenia:

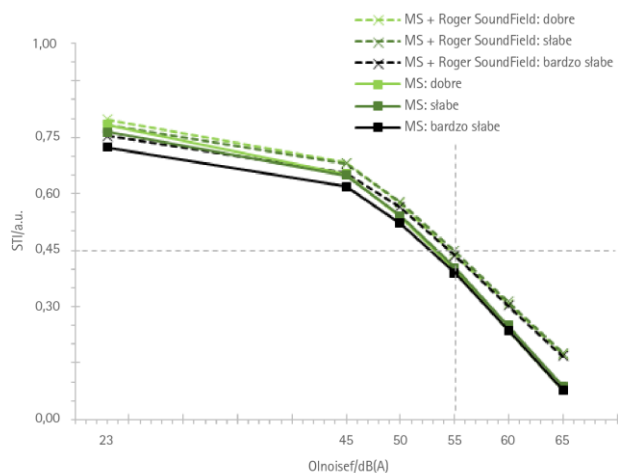
Zaobserwowano wzrost wskaźnika STI w przypadku włączonego systemu Roger SoundField w porównaniu z wyłączonym systemem. Efekt ten był mniej więcej taki sam dla warunków akustycznych przy wyłączonym i włączonym symulatorze KAS w warunkach dobrej i słabej akustyki, a większy dla warunków przy włączonym symulatorze KAS i bardzo słabej akustyce sali lekcyjnej.

- Interakcja systemu Roger SoundField z poziomem hałasu:

W przypadku warunków bez hałasu uzyskano średnie wartości wskaźnika STI od 0,72 (dobrego) do 0,78 (doskonałego). Przy włączonym systemie Roger SoundField odnotowano jeszcze większą poprawę wskaźnika STI. Zarejestrowano średnie wartości wskaźnika STI pomiędzy 0,75 a 0,8, czyli „doskonałe” według normy DIN EN ISO 9921.

Różnica w wartości wskaźnika STI w przypadku włączenia i wyłączenia systemu Roger SoundField rosła wraz ze wzrostem poziomu hałasu. Jednak dla poziomów hałasu powyżej 55 dB SPL wyniki wskaźnika STI z włączonym systemem Roger SoundField wynosiły poniżej 0,45 (od „słabe” do „złe/niezrozumiałe”). Wskazuje to, że system Roger SoundField poprawia wskaźnik STI we wszystkich warunkach, choć tylko nieznacznie w przypadku odpowiedniej akustyki pomieszczenia i niskiego poziomu hałasu w tle.

- Interakcja akustyki pomieszczenia z poziomem hałasu: Różnica w wartości wskaźnika STI w przypadku pomieszczeń o rosnącym czasie pogłosu maleje znacząco wraz ze wzrostem poziomu hałasu, aż do zaniku dla poziomu hałasu wynoszącego 60 dB(A) lub więcej. Ta interakcja potwierdza słuszność metodologii badania^{22, 23}.



Rys. 2 Średni wskaźnik STI dla wszystkich mikrofonów umieszczonych na krzesłach zmierzony z użyciem sygnału OlnoiseF w warunkach dobrego (0,48 s), słabego (0,83 s) i bardzo słabego (0,97 s) czasu pogłosu w pomieszczeniu oraz przy wyłączonym i włączonym systemie Roger SoundField. MS = symulator ust

Podsumowanie

Akustyka sal lekcyjnych często nie spełnia wymogów Amerykańskiego Stowarzyszenia Mowy-Języka-Słuchu (American Speech-Language-Hearing Association)¹⁵ oraz niemieckich zaleceń zawartych w normie DIN 18041. System Roger SoundField pozwala uzyskać poprawę zrozumiałości mowy przez uczniów, zapewniając słyszenie głosu nauczyciela niezależnie od miejsca, w którym uczeń siedzi.

Istotny wpływ hałasu i pogłosu na zrozumiałość mowy dla dzieci został udokumentowany w kilku publikacjach^{23, 24, 25, 26}.

W przypadku systemu Roger SoundField wykazano poprawę wskaźnika STI o średnio 0,04–0,052. Ogólnie rzecz biorąc, wyniki tego badania wskazują, że system Roger SoundField może zwiększać zrozumiałość mowy we wszystkich warunkach, a zwłaszcza w pomieszczeniach o większych czasach pogłosu.

Ponieważ ocena zrozumiałości mowy dla celów badawczych może być trudna, zwłaszcza w przypadku młodszych uczniów, wyniki tego badania umożliwiły badaczom wstępny wybór optymalnych parametrów akustycznych pomieszczenia. W celu zbadania przydatności klinicznej w kolejnym badaniu działanie systemu Roger SoundField zostanie przetestowane na dzieciach z prawidłowym słuchem funkcjonalnym, w pomieszczeniach o różnych warunkach, z wykorzystaniem parametrów akustyki sali lekcyjnej i poziomu hałasu, które zdefiniowano w ramach tego badania. W kolejnym badaniu zostaną zbadane cztery warunki: symulator KAS włączony dla dobrej i słabej akustyki sali lekcyjnej, a także przy włączonym i wyłączonym systemie Roger SoundField i hałasie 55 dB(A).

Bibliografia

1. Vercammen, C., Ferguson, M., Kramer, S.E., et al. (2020). Well-Hearing is Well-Being. *Hearing Review*, 27(3), 18–22. Dane ze strony <https://www.hearingreview.com/hearing-loss/patient-care/counseling-education/well-hearing-is-well-being>, dostęp 27 października 2022 r.
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. i 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)*, dostęp 27 października 2022 r.
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. Dane ze strony <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]. Dane ze strony www.asha.org/policy
15. American Speech-Language-Hearing Association. (2005). Acoustics in educational settings: [Position statement]. Dane ze strony 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. Dane ze strony https://www.researchgate.net/publication/241323723_Control_of_early_and_late_energy_in_rooms_with_the_variable_room_acoustics_system, dostęp 27 października 2022 r.
19. DIN EN ISO 3382-1:2009-10. Acoustics - Measurement of room acoustic parameters - Part 1: Performance spaces (ISO 3382-1:2009); niemiecka wersja normy EN ISO 3382-1:2009.
20. DIN EN ISO 9921:2004-02. Ergonomics - Assessment of speech communication (ISO 9921:2003); niemiecka wersja normy EN ISO 9921:2003.
21. IEC (1998). Sound system equipment - Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index. Norma IEC 60268-16, wydanie drugie.
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, 26–28 września 2011, Eindhoven, NL. ID publikacji: 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.

Autorzy i badacze

Badacz wewnętrzny



Dr Latzel rozpoczął studia na wydziale elektrotechniki w Bochum i w Wiedniu w 1995 roku. Po uzyskaniu doktoratu w 2001 roku, w latach 2002–2004 pracował w Katedrze Audiologii Uniwersytetu w Giessen. Od 2001 roku był szefem działu audiologii

w niemieckim oddziale firmy Phonak. Od 2012 roku pracuje w centrali spółki Sonova w Szwajcarii. Obecnie zajmuje stanowisko starszego eksperta ds. badań klinicznych.

Badacze zewnętrzni



Dr Meis uzyskał tytuł doktora psychologii medycznej w 1997 roku na Uniwersytecie Ludwika i Maksymiliana w Monachium. Po uzyskaniu doktoratu pracował na uczelni Oldenburg Graduate School of Psychoacoustics. Na stanowisku naukowym koordynuje

projekty finansowane ze środków publicznych, a także badania kontraktowe, takie jak badania nad usługami ochrony zdrowia w dziedzinach audiologii, jakości życia, interakcji człowiek-maszyna oraz analizy wymagań. Był zaangażowany w pracę komisji normalizacyjnych, w tym przy tworzeniu normy DIN 18041 („Jakość akustyczna w pomieszczeniach – specyfikacje i wytyczne dotyczące projektowania akustycznego pomieszczeń”).



Dr Zokoll koncentruje się na badaniach słuchu i ocenie systemów audio oraz na badaniach audiologicznych. Do zespołu ośrodka Hörzentrum dołączyła w 2017 roku po okresie działalności badawczej na Uniwersytecie w Oldenburgu

w zakresie audiologii i audiometrii mowy. Studiowała biologię na Uniwersytecie Technicznym w Monachium, posiada tytuł doktora nauk przyrodniczych Uniwersytetu w Oldenburgu, a także doświadczenie w zakresie psychoakustyki i neurobiologii.

Autorka



Tania uzyskała kwalifikacje audiologa na Uniwersytecie w Kapsztadzie w RPA. Przed rozpoczęciem pracy w Phonak w 2013 roku zdobyła różnorodne doświadczenie kliniczne, pracując zarówno w sektorze publicznym, jak i prywatnym, w Wielkiej Brytanii.