

# Pediatric Focus 1

Januar 2017 – Dawna Lewis & Marlene Bagatto

## Zum Einsatz von Richtmikrofonen in der Kinderversorgung

---

### Einleitung

Seit der Einführung des US-amerikanischen Früherkennungsprogramms (Early Hearing Detection and Intervention, EHDI) hat die Tendenz zur Hörgeräteversorgung im frühesten Kindesalter stetig zugenommen. Hauptziel einer frühen Versorgung ist es, den Zugang zu Sprache und damit eine normale Sprachentwicklung des Kindes sicherzustellen. Allerdings ändern sich die Hörbedürfnisse von Kindern mit zunehmendem Alter. Ein heranwachsendes Kind bewegt sich in vielen neuen Hörumgebungen, in denen häufig mehrere Schallquellen und laute Alltagsgeräusche vorhanden sind. In solchen Situationen kann es für das Kind mitunter sehr schwer sein, Sprache klar zu verstehen.

Kommunikation findet in der Regel in akustisch komplexen Umgebungen statt, in denen die Hörbarkeit des Sprachsignals erheblich beeinträchtigt werden kann. Zahlreiche Studien belegen: Schlechte akustische Bedingungen beeinträchtigen die Sprachverständlichkeit von normalhörenden Kindern mehr als diejenige von normalhörenden Erwachsenen (z.B. McCreery et al., 2010; Neuman, et al., 2010; Wroblewski et

al., 2012; Yang & Bradley, 2009). Schlechte akustische Bedingungen wirken sich negativ auf die Lernfähigkeit und damit den schulischen Erfolg von Kindern aus (z.B. Dockrell & Shield, 2006; Klatt, Hellbrück, et al., 2010; einen Überblick bietet Anderson, 2001). Schlechte Akustik wirkt sich ebenfalls auf Kinder mit Hörverlust schädlicher aus als auf Kinder mit normalem Gehör (z.B. Crandell & Smaldino, 2000; Hicks & Tharpe, 2002; Stelmachowicz et al., 2001).

Es hat sich gezeigt, dass unterstützende Hörtechnologien, wie z.B. Wireless-Mikrofone, den Signal-Rausch-Abstand (SNR) eines Kindes mit Hörverlust in Situationen verbessern, in denen die Verständlichkeit einer Sprecherstimme aufgrund von Störgeräuschen, Distanz oder Nachhall reduziert ist (Anderson & Goldstein, 2004; Anderson et al., 2005; Hawkins, 1984; Pittman et al., 1999; Thibodeau, 2010; Wolfe et al., 2013). Diese Technologien können zwar den Signal-Rausch-Abstand (SNR) beträchtlich verbessern, erfordern aber auch das Benutzen eines separaten Mikrofons bzw. Senders und stellen daher nicht für alle Fälle eine angemessene Lösung

dar. In Hörgeräten für Kinder stehen in der Regel entweder adaptive Störgeräuschreduktion (ANR) oder Richtmikrofone als Funktionen für das Störgeräuschmanagement zur Verfügung. Die American Academy of Audiology (AAA) empfiehlt in ihrer aktuellen Leitlinie „Pediatric Amplification Guidelines“ (2013), den Einsatz solcher Technologien routinemäßig zu erwägen. Zudem ist kürzlich eine weitere Leitlinie zur Anwendung und Verifikation von ANR-Technologien in der Kinderversorgung erschienen (Scollie et al., 2016). Zum Einsatz von Richtmikrofonen bei Kindern gibt es weniger Orientierungshilfen.

In diesem Beitrag bieten wir Hörakustikern einen Überblick über die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse zum Einsatz von Richtmikrofonen in der Kinderversorgung (*Was wir wissen*), besprechen, welche Daten uns noch fehlen, um Orientierung bei der Entscheidungsfindung geben zu können (*Worüber wir mehr erfahren müssen*) und ziehen einige Schlussfolgerungen aus den verfügbaren Evidenzdaten (*Was wir in der Zwischenzeit beachten sollten*). Abschließend steht neben einer Zusammenfassung der wichtigsten Informationen für Pädakustiker und Eltern bzw. Betreuer von Kindern mit Hörverlust (*Zusammenfassende Informationen für Pädakustiker und Betreuer*) auch ein *Referenz- und Literaturverzeichnis* zur Verfügung, über das sich Hörakustiker weiter zu den hier besprochenen Themen informieren können.

---

## Was wir wissen

Ob und wie Kinder mit Hörverlust von Richtmikrofonen profitieren können, wurde bislang nur sehr wenig erforscht. Die im Folgenden vorgestellten Studien zu diesem Thema stammen aus der Zeit zwischen den 1990er Jahren und dem Erstellungsdatum dieses Artikels, wobei einzelne Studien nur berücksichtigt wurden, wenn sie nach den Übersichtsberichten auch veröffentlicht wurden. Am Ende des Artikels findet der Leser die Referenzen zu diesen einzelnen Studien. An dieser Stelle muss angemerkt werden, dass es aktuell keine Studien gibt, die sich direkt mit dem Einsatz von Richtmikrofonen bei Säuglingen und Kleinkindern befassen.

**McCreery, R., Venediktov, R., Coleman, J., & Leech, H. (2012). An evidence-based systematic review of directional microphones and digital noise reduction hearing aids in school-age children with hearing loss. American Journal of Audiology, 21, 295–312**

McCreery und Kollegen (2012) haben eine evidenzbasierte systematische Übersichtsarbeit zur Effektivität von Richtmikrofonen bei Schulkindern mit Hörverlust veröffentlicht. Bei systematischen Übersichten gelten sehr strenge Kriterien

hinsichtlich der Auswahl der eingeschlossenen Studien (zu diesen Kriterien siehe Originalartikel). Die Autoren haben Daten aus sieben zwischen 1981 und 2011 erstellten Studien analysiert, die diese strengen Kriterien erfüllten. Aus diesen Studien wurden folgende Schlüsse gezogen:

- Spracherkennung
  - Richtmikrofone sind effektiver als omnidirektionale Mikrofone, wenn Sprache von vorn kommt und Störgeräusche direkt hinter dem Zuhörer auftreten.
  - Omnidirektionale Mikrofone sind effektiver, wenn Sprache nicht direkt vor dem Zuhörer eintrifft.
- Kinder- und Elternberichte
  - In einer der Studien bevorzugten die Kinder in den meisten Situationen Richtmikrofone vor omnidirektionalen Mikrofonen. In einer anderen bewerteten sowohl Kinder als auch Eltern beide Mikrofonarten gleich gut.

Das Fazit der Autoren dieser evidenzbasierten Übersicht lautete: „In einigen der vielen unterschiedlichen akustischen Umgebungen, denen Schulkinder entweder zuhause, in der Schule oder in sozialen Situationen ausgesetzt sind, können Richtmikrofone nützlich sein. Es gibt aber auch Situationen, in denen Richtmikrofone nicht vorteilhaft oder sogar nachteilig sein können.“ (S. 309)

**American Academy of Audiology. (2013). Clinical practice guidelines on pediatric amplification. Quelle: [www.audiology.org/resources/documentlibrary/Documents/PediatricAmplificationGuidelines.pdf](http://www.audiology.org/resources/documentlibrary/Documents/PediatricAmplificationGuidelines.pdf)**

Die AAA Leitlinie (2013) bietet Hörakustikern wissenschaftlich belegte Empfehlungen für die Kinderversorgung, die auf der Basis von Forschungsdaten aus einschlägigen Studien sowie klinischen Erfahrungen entwickelt wurden. Auf das Thema Richtmikrofone wird im Kapitel zur Signalverarbeitung in Hörgeräten eingegangen. Das Referenzverzeichnis dieser Evidenzbasis umfasst Studien mit Erwachsenen als auch Studien mit Kindern. Die Ergebnisse dieser Studie lauten wie folgt:

- Erwachsene (12 Referenzen)
  - Richtmikrofone verbessern die Sprachverständlichkeit in vielen, wenn auch nicht in allen, geräuschvollen Umgebungen.
  - Adaptive Richtmikrofone bieten einen geringen zusätzlichen direktionalen Vorteil im Vergleich zu herkömmlichen Richtmikrofonen, ohne negative Auswirkungen.

- Kinder (4 Referenzen)
  - Richtmikrofone bieten einen Vorteil in einer simulierten Schulumgebung, in der das Kind dem Zielsignal direkt zugewandt ist, erschweren jedoch die Lage, sobald sich das Zielsignal hinter dem Kind befindet.
  - Der Nutzen durch ein Richtmikrofon ist geringer als der Nutzen durch drahtlose Kommunikationsanlagen.

Basierend auf der Zusammenfassung der vorhandenen Evidenzdaten, wurden die folgenden Empfehlungen ausgesprochen:

- Richtmikrofone dürfen nicht permanent genutzt werden.
  - Richtmikrofone können für manche Umgebungen empfohlen werden, wobei immer klar sein muss, dass das Kind dadurch Sprecher, die sich nicht direkt vor ihm befinden, schlechter versteht.
  - Eine Richtmikrofonautomatik, die automatisch den jeweils passenden, directionalen oder omnidirektionalen Mikrofonmodus aktiviert, sollte in Erwägung gezogen werden, vorbehaltlich, dass der Hörakustiker genau weiß und erklärt, wie dieses adaptive Mikrofon funktioniert und für welche Situationen es geeignet ist. Zudem kann der omnidirektionale Modus in manchen Fällen vorteilhafter sein als die automatische Schaltung.
- Wireless-Mikrofonssysteme verbessern, sofern sie richtig angepasst/genutzt werden, den Signal-Rausch-Abstand (SNR) ebenso viel wie oder mehr als Richtmikrofone in Hörgeräten.

**„Protocol for the Provision of Amplification“ des Ontario Infant Hearing Program (MCYS, 2014; <http://www.dsl.io/wp-content/uploads/2015/05/DSL5-Pediatric-Protocol.2014.01.pdf>)**

Das folgende Protokoll wurde im Rahmen des Ontario Infant Hearing Program (IHP, Ontario Ministry of Children and Youth Services, 2014) zur Hörgeräteversorgung von schwerhörigen Kleinkindern und Kindern im Vorschulalter entwickelt. Das Protokoll richtet sich nach der AAA Leitlinie (2013) und enthält zudem Einzelheiten zur Umsetzung der Empfehlungen. Im Kapitel zum Störgeräuschmanagement wird auf das Thema Richtmikrofone für Kleinkinder und Kinder im Vorschulalter eingegangen. Das IHP-Protokoll besagt:

Richtmikrofone können vorteilhaft sein, wenn der Zuhörer den Sprecher direkt ansehen kann und Hintergrundgeräusche aus anderen Richtungen kommen. In diesem Alter ist jedoch

die Fähigkeit noch nicht ausgeprägt, den Kopf zum Sprecher zu wenden. Außerdem muss ein Kind, um selektiv hören und beiläufig lernen zu können, auch Sprecherstimmen hören, die nicht frontal eintreffen.

- Bisher gibt es nur wenig Evidenz zum Richtmikrofoneinsatz, dem räumlichen Hören und den möglichen Vorteilen von Richtmikrofonen in Alltagsumgebungen von Kindern.
- Schulungen zur Richtmikrofonnutzung sind möglicherweise erforderlich, um die korrekte Nutzung sicherzustellen.

Auf Basis der vorhandenen Evidenzdaten lauten die Empfehlungen wie folgt:

- Permanente Richtmikrofonnutzung wird nicht für diese Zielgruppe empfohlen.
- Eine temporäre Richtmikrofonnutzung kann im Einzelfall in Erwägung gezogen werden, sofern deren sorgfältige Überwachung sichergestellt ist.

## Worüber wir noch mehr erfahren müssen

Weitere Studien sind erforderlich, um die Eigenschaften von Richtmikrofonen und ihre Wirkung bei jungen Hörgeräteträgern zu erforschen. Richtmikrofone funktionieren am besten, wenn der empfindlichste Bereich des Mikrofons direkt zum Nutzsignal zeigt. Aber Daten aus Studien mit Schulkindern zeigen, dass diese die Richtmikrofonwirkung durch ihr Blickverhalten verhindern, und den Zielsprecher häufig nicht direkt ansehen. Zudem müssen junge Hörgeräteträger Zugang zu Lauten aus allen Richtungen haben, um beiläufig lernen und Klänge aus unterschiedlichen Schallquellen wahrnehmen zu können. Aus diesen Gründen wird eine temporäre Richtmikrofonnutzung empfohlen.

Für Hörgeräte gibt es manuell oder automatisch aktivierbare Richtmikrofone mit fixen Empfindlichkeitspunkten (z.B. polare Muster). Manuell aktivierte Richtmikrofone eignen sich für Kinder und Eltern, die wissen, in welchen Situationen diese Technologie nützlich ist, sodass sich das Kind immer richtig zum Nutzsignal hin wenden kann. Automatisch aktivierte Richtmikrofone reduzieren die Wahrscheinlichkeit einer falschen Nutzung; allerdings ist unzureichend erforscht, wie sich die automatische Auswahl des Empfindlichkeitspunkts zu den Bedürfnissen des Hörgeräteträgers verhält. Darüber hinaus können Richtmikrofone mit sich verändernden Empfindlichkeitspunkten eine Lösung bei variierenden Hörbedürfnissen sein. Diese Mikrofone sind aber

noch nicht ausreichend validiert. Insgesamt muss noch ein besseres Verständnis über die verschiedenen Anwendungen von Richtmikrofonen in Kinderhörgeräten erlangt werden.

Der Einfluss von Richtmikrofonen auf die Sprachverständlichkeit muss ebenso wie ihr Gesamtnutzen für den Signal-Rausch-Abstand (SNR) weiter erforscht werden. Es bedarf eines klaren Verifikationsprotokolls zu all diesen wichtigen klinischen Themen, um den Richtmikrofoneinsatz in der Kinderversorgung zu unterstützen.

Wenn wir über Richtmikrofontechnologie und ihre Verifikation sprechen, ergibt sich die Notwendigkeit, die Eignungskriterien zu definieren. Wir benötigen konkrete Werkzeuge, die uns helfen, in der Pädakustik qualifizierte Empfehlungen für (oder gegen) den Einsatz eines Richtmikrofons abzugeben. Es ist zudem wichtig zu wissen, wie sich Richtmikrofone auf die Sprachentwicklung in einem bestimmten Alter (z.B. 6 Monate bis 6 Jahre) und je nach Grad des Hörverlusts (z.B. leicht im Vergleich zu hochgradig) auswirken. Für unsere jungen Hörgeräteträger können auch kombinierte Hörlösungen in Frage kommen, bestehend aus Richtmikrofonen und anderen Technologien wie ANR oder unterstützenden Hörlösungen wie Wireless-Mikrofonen. Dokumentationsverfahren, vor allem in geräuschvollen Umgebungen, ermöglichen es, den Bedarf für ein Richtmikrofon festzustellen und seine Wirkung mit den geeigneten Mitteln zu überprüfen.

Obwohl in den letzten Jahren einige wissenschaftliche Publikationen zur Anwendung von Richtmikrofonen bei Kindern mit Hörverlust erschienen sind, muss diese Technologie noch genauer erforscht werden – z.B. hinsichtlich der Eignungsbestimmung oder klinischen Verifikation und Validation bei Säuglingen, Kleinkindern und Schulkindern.

---

## Was wir in der Zwischenzeit beachten sollten

Es ist sehr wichtig, eng mit den Eltern zusammenzuarbeiten und sie in den Entscheidungsprozess mit einzubeziehen. Bis weitere Evidenz zum Richtmikrofoneinsatz in der Kinderversorgung verfügbar ist, sollten Eltern über den aktuellen Stand der Technologie und Forschung in diesem Bereich aufgeklärt werden. Der Bedarf an einem Richtmikrofon kann auch über Gespräche mit den Eltern oder anderen Betreuern und formale Erfolgsprüfungen ermittelt werden. Einige Dokumentationsverfahren (z.B. Parents' Evaluation of Aural/Oral Performance of Children [PEACH],

Ching & Hill, 2007) bieten auch die Dokumentation und Bewertung in geräuschvollen Umgebungen an. Daraus könnten Anhaltspunkte für eine weitere Diskussion zur Nutzung von Richtmikrofonen oder anderen Technologien für das Störgeräuschmanagement abgeleitet werden. Um eine effektive Nutzung und Überwachung dieser Technologie zu ermöglichen, ist es entscheidend, dass die Eltern motiviert und engagiert mitmachen.

Zudem sind Richtmikrofone praktischerweise inzwischen als Standardfunktion in den meisten Hörgeräten für Kinder verfügbar, sodass in der Regel die Option besteht, diese Technologie auszuprobieren. Verfahren zur Dokumentation der frühen Sprachentwicklung nach der Aktivierung eines Richtmikrofons liefern Anhaltspunkte für spätere Einstellungen. Die Entwicklung von Protokollen zur Anwendung, Verifikation und Überwachung der Nutzung von Richtmikrofonen bei Kindern durch Pädakustikerverbände oder das EHDI Programm (US-amerikanisches Früh-erkenntnisprogramm) könnten zudem weitere Erkenntnisse über die Auswirkungen der Technologie liefern und die bestehenden Nachweise untermauern.

Auch wenn weitere Studien zur Erforschung des Nutzens von Richtmikrofonen bei Kindern mit Hörverlust, speziell Säuglinge und Kleinkinder, erforderlich sind, gibt es für Pädakustiker, die diese Technologie bei ihren jungen Kunden anwenden möchten, bereits einige Leitlinien und Protokolle, die auf relevanten Befunden basieren. Diese besagen, dass es wichtig ist, Informationsgespräche mit der Familie und den Betreuern des Kindes zu führen, um sie über den aktuellen Stand der Forschung in Bezug auf den Richtmikrofoneinsatz bei Kindern aufzuklären und ggf. einen gemeinsamen Plan zur Nutzungsüberwachung zu erarbeiten. Ein Kind mit Hörverlust muss in sehr unterschiedlichen Hörsituationen Sprache verstehen können – daher ist es wichtig, zu untersuchen, welchen Beitrag Richtmikrofone hierzu leisten können.

---

## Zusammenfassende Informationen für Hörakustiker und Eltern

Richtmikrofone stehen inzwischen standardmäßig in Hörgeräten für Kinder zur Verfügung, werden aber häufig nicht in der frühen Phase des Spracherwerbs angewandt. Der Grund dafür ist, dass das Kind in der Lage sein muss, den Kopf in die Richtung des Sprechers wenden zu können, um diese Technologie maximal nutzen zu können. Diese Fähigkeit ist aber bei Kleinkindern nicht gut entwickelt. Richtmikrofone können vor diesem Hintergrund die Lautstärke von

Sprachlauten reduzieren, die ein Kind hören können muss, um normale Sprach- und Kommunikationsfähigkeiten zu entwickeln. Die automatische Ausrichtung auf das Sprachsignal, die einige Richtmikrofone anbieten, ist in verschiedenen Situationen unzuverlässig. Des Weiteren stehen Hörakustikern zu wenige effektive Protokolle für die Verifikation der Richtmikrofonnutzung zur Verfügung.

Bis Hörakustiker sicherstellen können, dass diese Technologie Säuglingen und Kleinkindern den konsistenten Zugang zu Sprache in geräuschvollen Umgebungen bietet, lautet die Empfehlung, Richtmikrofone bei diesen Altersgruppen möglichst nicht permanent einzusetzen. Eine temporäre Nutzung kann in Erwägung gezogen werden, sofern diese von den Eltern und allen Betreuern des Kindes genau überwacht wird. Bei älteren Kindern, die verstehen, wie Richtmikrofone funktionieren und sie richtig nutzen können, kann die Anwendung sinnvoll sein. Wireless-Mikrofone als unterstützende Hörtechnologien anzuwenden bleibt weiterhin eine sinnvolle Option für das Störgeräuschmanagement bei Säuglingen und Kindern mit Hörverlust.

---

## Referenzen und Literatur

### Störgeräusch und Nachhall – Normalhörende Kinder

- Anderson, K. (2001). Kids in noisy classrooms: What does the research really say? *Journal of Educational Audiology*, 9, 21-33.
- Bradley, J., & Sato, H. (2008). The intelligibility of speech in elementary school classrooms. *Journal of the Acoustical Society of America*, 123, 2078-2086.
- Dockrell, J. & Shield, B. (2006). Acoustical barriers in classrooms; the impact of noise on performance in the classroom. *British Educational Research Journal*, 32, 509-525.
- Elliott, L. (1979). Performance of children aged 9 to 17 years on a test of speech intelligibility in noise using sentence material with controlled word predictability. *Journal of the Acoustical Society of America*, 66, 651-653.
- Fallon, M., Trehub, S., & Schneider, B. (2000). Children's perception of speech in multitalker babble. *Journal of the Acoustical Society of America*, 108, 3023-3029.
- Fallon, M., Trehub, S., & Schneider, B. (2002). Children's use of semantic cues in degraded listening environments. *Journal of the Acoustical Society of America*, 111(5 Pt 1), 2242-2249.
- Hygge, S., Evans, G., & Monika, B. (2002). A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in school children. *Psychological Science*, 13, 469-474.
- Jamieson, D. G., Kranjc, G., Yu, K., et al. (2004). Speech intelligibility of young school-aged children in the presence of real-life classroom noise. *Journal of the American Academy of Audiology*, 15, 508-517.
- Johnson, C. (2000). Children's phoneme identification in reverberation and noise. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 43, 144-157.
- Klatte, M., Hellbruck, J., Seidel, J., & Leistner, P. (2010). Effects of classroom acoustics on performance and well-being in elementary school children. *Environment & Behavior*, 42, 659-692.
- 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 & Health*, 12, 270-282.
- McCreery, R., Ito, R., Spratford, M., Lewis, D., Hoover, B., & Stelmachowicz, P. (2010). Performance-intensity functions for normal-hearing adults and children using computer-aided speech perception assessment. *Ear & Hearing*, 31, 95-101.
- McCreery, R. & Stelmachowicz, P. (2013). The effects of limited bandwidth and noise on verbal processing time and word recall in normal-hearing children. *Ear & Hearing*, 34, 585-591.
- Neuman, A., & Hochberg, I. (1983). Children's perception of speech in reverberation. *Journal of the Acoustical Society of America*, 73, 2145-2149.
- Neuman, A., Wroblewski, M., Hajicek, J., et al. (2010). Combined effects of noise and reverberation on speech recognition performance of normal hearing children and adults. *Ear & Hearing*, 31, 336-344.
- Nittrouer, S. & Boothroyd, S. (1990). Context effects in phoneme and word recognition by young children and older adults. *Journal of the Acoustical Society of America*, 87, 2705-2715.
- Shield, B., & Dockrell, J. (2008). The effects of environmental and classroom noise on the academic attainments of primary school children. *Journal of the Acoustical Society of America*, 123, 44-133. doi:10.1121/1.2812596.
- Wroblewski, M., Lewis, D., Valente, D., et al. (2012). Effects of reverberation on speech recognition in stationary and modulated noise by school aged children and young adults. *Ear & Hearing*, 33, 731-744.
- Yang, W., & Bradley, J. S. (2009). Effects of room acoustics on the intelligibility of speech in classrooms for young children. *Journal of the Acoustical Society of America*, 125, 922-933.

### **Störgeräusch und Nachhall – Kinder mit Hörverlust**

- Ching, T. & Hill, M. (2007). The Parents' Evaluation of Aural/Oral Performance of Children (PEACH) scale: normative data. *Journal of the American Academy of Audiology*, 18, 220-235.
- Crandell, C. & Smaldino, J. (1994). An update of classroom acoustics for children with hearing impairment. *Volta Review*, 96, 291-306.
- Finitzo-Hieber, T. & Tillman, T. (1978). Room acoustics effects on monosyllabic word discrimination ability for normal and hearing-impaired children. *Journal of the Acoustical Society of America*, 21, 440-458.
- Hicks, C.B. & Tharpe, A.M. (2002). Listening effort and fatigue in school-age children with and without hearing loss. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 45, 573-584.
- Iglehart, F. (2009). Combined effects of classroom reverberation and noise on speech perception by students with typical and impaired hearing. Paper presented at Inter-Noise 2009, Ottawa, Ontario, Canada.
- Leibold L., Hillock-Dunn A., Duncan N., Roush P., Buss E. (2013). Influence of hearing loss on children's identification of spondee words in a speech-shaped noise or a two-talker masker. *Ear & Hearing*, 34, 575-584.
- Stelmachowicz, P., Pittman, A., Hoover, B., & Lewis, D. (2001). Effect of stimulus bandwidth on the perception of /s/ in normal- and hearing-impaired children and adults. *Journal of the Acoustical Society of America*, 110, 2183-2190.

### **Unterstützende Hörtechnologien in Form drahtloser Mikrofone—Hörgeräteträger im Kindesalter**

- Anderson, K., & Goldstein, H. (2004). Speech perception benefits of FM and infrared devices to children with hearing aids in a typical classroom. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 35, 169-184.
- Anderson, K., Goldstein, H., Colodzin, L., & Iglehart, F. (2005). Benefit of S/N enhancing devices to speech perception of children listening in a typical classroom with hearing aids or a cochlear implant. *Journal of Educational Audiology*, 12, 14-28.
- Hawkins, D. (1984). Comparisons of speech recognition in noise by mildly-to-moderately hearing-impaired children using hearing aids and FM systems. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 49, 409-418.
- Pittman, A., Lewis D., Hoover B., Stelmachowicz, P. (1999). Recognition performance for four combinations of FM system and hearing aid microphone signals in adverse listening conditions. *Ear & Hearing*, 20, 279-289.
- Thibodeau, L. (2010). Benefits of adaptive FM systems on speech recognition in noise for listeners who use hearing aids. *American Journal of Audiology*, 19, 36-45.
- Wolfe, J., Morais, M., Neumann, S., et al. (2013). Evaluation of Speech Recognition with Personal FM and Classroom

Audio Distribution Systems. *Journal of Educational Audiology*, 19, 65-79.

### **Richtmikrofone – Erwachsene mit Hörverlust**

- Bentler, R. (2005). Effectiveness of directional microphones and noise reduction schemes in hearing aids: a systematic review of the evidence. *Journal of the American Academy of Audiology*, 16, 473-484.
- Kuk, F., Keenan, D., Lau C., & Ludvigsen, C. (2005). Performance of a fully adaptive directional microphone to signals presented from various azimuths. *Journal of the American Academy of Audiology*, 16, 333-347.
- Mackenzie, E. & Lutman, M. (2005). Speech recognition and comfort using hearing instruments with adaptive directional characteristics in asymmetric listening conditions. *Ear & Hearing*, 26, 669-679.
- Mueller, H., Weber, J., & Hornsby, B. (2006). The effects of digital noise reduction on the acceptance of background noise. *Trends in Amplification*, 10, 83-93.
- Palmer, C., Bentler, R., & Mueller, H. (2006). Amplification with digital noise reduction and the perception of annoying and aversive sounds. *Trends in Amplification*, 10, 95-104.
- Ricketts, T., Henry, P., & Gnewikow, D. (2003) Full time directional versus user selectable microphone modes in hearing aids. *Ear & Hearing*, 24, 424-39.
- Ricketts, T., Henry, P., & Hornsby, B. (2005). Application of frequency importance functions to directivity for prediction of benefit in uniform fields. *Ear & Hearing*, 26, 473-486.
- Ricketts, T. & Hornsby, B. (2005). Sound quality measures for speech in noise through a commercial hearing aid implementing digital noise reduction. *Journal of the American Academy of Audiology*, 16, 270-277.
- Ricketts, T. & Hornsby, B. (2006). Directional hearing aid benefit in listeners with severe hearing loss. *International Journal of Audiology*, 45, 190-197.
- Walden, B., Surr, R., Cord, M., et al. (2007). The robustness of hearing aid microphone preferences in everyday listening environments. *Journal of the American Academy of Audiology*, 18, 358-379.
- Yuen, K., Kam, A., & Lau, P. (2006). Comparative performance of an adaptive directional microphone system and a multichannel noise reduction system. *Journal of the American Academy of Audiology*, 17, 241-252.

### **Richtmikrofone – Kinder mit Hörverlust**

- American Academy of Audiology. (2013). Clinical practice guidelines on pediatric amplification. Retrieved from [www.audiology.org/resources/documentlibrary/Documents/PediatricAmplificationGuidelines.pdf](http://www.audiology.org/resources/documentlibrary/Documents/PediatricAmplificationGuidelines.pdf).

- Auriemmo, J., Kuk, F., Lau, C., et al. (2009). Efficacy of an adaptive directional microphone and a noise reduction system for school aged children. *Journal of Educational Audiology*, 15, 15–27.
- Gravel, J. S., Fausel, N., Liskow, C., & Chobot, J. (1999). Children's speech recognition in noise using omnidirectional and dual-microphone hearing aid technology. *Ear & Hearing*, 20, 1–11.
- Hawkins, D. B. (1984). Comparisons of speech recognition in noise by mildly-to-moderately hearing-impaired children using hearing aids and FM systems. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 49, 409–418.
- Kuk, F., Kollofski, C., Brown, S., Melum, A., & Rosenthal, A. (1999). Use of a digital hearing aid with directional microphones in school-aged children. *Journal of the American Academy of Audiology*, 10, 535–548.
- McCreery, R., Venediktov, R., Coleman, J., & Leech, H. (2012). An evidence-based systematic review of directional microphones and digital noise reduction hearing aids in school-age children with hearing loss. *American Journal of Audiology*, 21, 295–312.
- Pittman, A. & Hiipakka, M. (2013). Hearing impaired children's preference for, and performance with, four combinations of directional microphone and digital noise reduction technology. *Journal of the American Academy of Audiology*, 24, 832–44.
- Ricketts, T.A. & Galster, J. (2008). Head angle and elevation in classroom environments: implications for amplification. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 51, 516–525.
- Ricketts, T., Galster, J., & Tharpe, A. M. (2007). Directional benefit in simulated classroom environments. *American Journal of Audiology*, 16, 130–143.
- Ricketts, T. & Picou, E. (2013). Speech recognition for bilaterally asymmetric and symmetric hearing aid microphone modes in simulated classroom environments. *Ear & Hearing*, 34, 601–609.
- Wouters, J., Litière, L., & van Wieringen, A. (1999). Speech intelligibility in noisy environments with one- and two-microphone hearing aids. *Audiology*, 38, 91–98.
- Protocol for the Provision of Amplification (infants and preschool children; Ontario IHP, 2014). Retrieved from <http://www.dslio.com/wp-content/uploads/2015/05/DSL5-Pediatric-Protocol.2014.01.pdf>

## Autor/innen



**Dawna Lewis, PhD**

Director Listening & Learning Laboratory  
Boys Town National Research Hospital (USA)



**Marlene Bagatto, AuD, PhD**

Research Associate  
Western University (Kanada)