



Zeitschrift für Audiologie

Audiological Acoustics

Perspektiven bei frühkindlicher Hörstörung

**18. Multidisziplinäres
Kolloquium der GEERS-STIFTUNG
am 1. und 2. Februar 2016
in Berlin**

Schriftenreihe Band 21

Herausgeber
Gottfried Diller



Sonderheft Nr. 3/2016

4	Grußwort Manuela Schwesig		
	<i>Vorwort</i>		
5	Vorwort zum 18. Multidisziplinären Kolloquium der GEERS-STIFTUNG 2016 – Dimensionen der Hörqualität – Gottfried Diller		
6	Der GEERS-Stiftungspreis 2016		
	<i>Neurophysiologie</i>		
8	Listening to the Brain: A Biomarker for Central Auditory Maturation in Complex Clinical Cases Anu Sharma · Emily Deeves		
14	Perception, prediction and learning of degraded speech Matthew H. Davis		
18	Hirnhemisphären und Musikwahrnehmung: Individuelle Klangwahrnehmung und musikalisches Lernen Peter Schneider		
24	Hearing instrument technology: Which hearing problems are we not addressing yet? Stefan Launer		
	<i>Diagnostik</i>		
28	Herausforderungen bei der Hörgeräteanpassung im Kindesalter Annette Limberger		
32	Best-Practice-Empfehlungen in der pädaudiologischen Diagnostik und Versorgung im ersten Lebensjahr: „Haben wir unsere Ziele erreicht?“ Thomas Wiesner		
36	Zur Wertigkeit diagnostischer Verfahren bei auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen im Kindesalter Martin Ptok		
	<i>Pädaudiologische Audiologie</i>		
40	Frühe Diagnostik / Frühe Versorgung Elternberatung – eine interdisziplinäre Aufgabe Andrea Bohnert		
44	Perspektiven hör-/sprachpädagogischer Konzepte: Worauf kommt es an? Mirjam Stritt Drewes		
46	Zusammenhang zwischen Ergebnissen aus Sprachentwicklungs- und sprachaudiometrischen Testverfahren bei hörgeschädigten Kindern Silvia Zichner		
52	Hörgeräteversorgung bei Kindern aus der Sicht von Eltern Lars Makowski		
54	Children who are hard of hearing: Still forgotten? Elizabeth Walker		
58	Langzeitergebnisse, schulische und berufliche Perspektiven bei Cochlea-Implantat-Trägern Angelika Illg		
64	Hörsysteme in der Inklusion Bernhard Hohl		
	<i>Technische Audiologie</i>		
66	Hörsystemversorgung Rainer Beck		
68	Qualitätsanforderungen in der Frühversorgung mit Hörgeräten Thomas Steffens		
72	Wie beschreibt uns ein Kind die Wirkung der elektrischen Stimulation durch sein CI-System Joachim Müller-Deile		
76	Welche Maße stehen uns für die Beurteilung des Versorgungserfolges zur Verfügung? Peter Kummer		
80	Verzeichnis der Referentinnen/Referenten		
81	Impressum		

Grußwort der Schirmherrin



*Manuela Schwesig,
Bundesministerin für Familie,
Senioren, Frauen und Jugend*

Sehr geehrte Damen und Herren,

wer nicht gut hört, lebt ein anstrengendes Leben. Immer wieder nachfragen möchte man nicht. Vom Mund absehen ist mühsam, wenn durcheinander gesprochen wird. Und vieles, was andere nebenbei hören, rauscht unbemerkt vorbei. Die Gefahr besteht, dass im Leben von Menschen mit Hörbeeinträchtigungen etwas verloren geht, was für alle Menschen wichtig und für ein gutes Aufwachsen von Kindern in der Familie und in der Gesellschaft unabdingbar ist: die Erfahrung, zu einer Gemeinschaft zu gehören. In einer stillen Welt kann man sich schnell einsam fühlen.

Die GEERS-Stiftung engagiert sich für eine Welt jenseits der Stille. Sie wirbt für Verständnis für die Situation von Hörbehinderten und bemüht sich um Verständigung – durch neue Techniken und wissenschaftliche Methoden, aber auch durch das Gespräch mit hörbehinderten Menschen. Das 18. Multidisziplinäre Kolloquium der GEERS-Stiftung nimmt von Hörbeeinträchtigungen betroffene Kinder und ihre Familien ausdrücklich in den Blick. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer leisten mit ihrer Expertise und mit ihrem Blick auf die besonderen Bedürfnisse von Menschen mit einer Hörminderung einen

wichtigen Beitrag zu deren besserer und umfassenderer Teilhabe an der Gesellschaft.

Eine Welt jenseits der Stille ist eine Welt der Inklusion, eine Welt, in der jeder Mensch so sein kann, wie er oder sie will, in der alle Menschen alle Rechte, Chancen und Möglichkeiten haben. Inklusion bedeutet, dass Menschen mit Behinderung sich nicht anpassen müssen an eine soziale Umwelt, die ihren Bedürfnissen nicht entspricht. Vielmehr muss diese Umwelt so gestaltet werden, dass sie von Menschen mit und ohne Behinderung gleichermaßen genutzt, erlebt und erfahren werden kann. Das Leitbild der Inklusion, festgeschrieben in der Behindertenrechtskonvention der Vereinten Nationen, gilt in Deutschland. Für mich als Bundesjugendministerin ist die Verankerung dieser Leitidee in konkreten Gesetzänderungen ein besonderes Anliegen. Die Leistungen für alle Kinder und Jugendlichen, ob mit oder ohne Behinderung, sollen zum Beispiel im Rahmen der „Inklusiven Lösung“ innerhalb der Kinder- und Jugendhilfe zusammengeführt werden.

Inklusion zu schaffen ist nicht weniger mühsam als eine Schulstunde für ein Kind mit einer Hörbehinderung es sein kann. Man muss immer wieder nachhaken, gegen Widerstände kämpfen, neue Anläufe nehmen. Aber es lohnt sich: Denn es ist ein gutes Gefühl, dazugehören, kommunizieren zu können, zu verstehen und verstanden zu werden. Eine inklusive Gesellschaft gibt allen Menschen dieses Gefühl – und alle Chancen, die damit verbunden sind. Es lohnt sich, sich für eine solche Gesellschaft einzusetzen. Ich danke der GEERS-Stiftung für ihr Engagement und wünsche allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern im Rahmen des Kolloquiums gute Gespräche, einen regen fachlichen Austausch und weiterführende Impulse für Ihre Arbeit.

Mit freundlichen Grüßen

Manuela Schwesig
Bundesministerin für Familie, Senioren, Frauen und Jugend

Vorwort zum 18. Multidisziplinären Kolloquium der GEERS-STIFTUNG 2016 – Perspektiven bei frühkindlicher Hörstörung –



*Gottfried Diller,
Vorstandsvorsitzender der
GEERS-STIFTUNG*

Das 17. Multidisziplinäre Kolloquium der Geers-Stiftung im Februar 2014 in Berlin stand unter dem Leitthema „Dimensionen der Hörqualität“. Damit sollte eine im Jahr 2012 begonnene Diskussion zu Fragen einer Hörkultur fortgesetzt werden (vgl. Diller [Hrsg.] 2012: Hörkultur. Geers-Stiftung. Z. Audiol. Sonderheft Nr. 1/2013), nunmehr unter dem Aspekt der Hörqualität.

Beteiligt waren sowohl exponierte Wissenschaftler und Vertreter der Praxis – aus den Fachgebieten Medizin, Neurophysiologie, Technologie, Audiologie und Pädagogischer Audiologie – als auch 90 geladene Fachvertreterinnen und -vertreter.

Wie den hier wiedergegebenen Beiträgen zu entnehmen ist, ist es den Referentinnen und Referenten aus Amerika, Kanada, Deutschland und der Schweiz hervorragend gelungen, sowohl den aktuellen Entwicklungsstand als auch die aktuellen Forschungsaktivitäten mit den damit verbundenen neuen Perspektiven zum Thema „Qualität des Hörens“ aufzuzeigen. Aus den insgesamt 19 Vorträgen ergaben sich vielfältige Denkipulse, die vom Auditorium mit sehr großem

Interesse aufgenommen wurden. Dies kam auch durch die zahlreichen intensiven Diskussionen während und am Rande der Sitzungen deutlich zum Ausdruck.

Die Qualität des Hörens zu ermöglichen bzw. zu sichern, verbunden mit den Möglichkeiten und Bedingungen der Hörwahrnehmung und Hörverarbeitung, stellt sowohl die Fachleute als auch die Gesellschaft weiterhin vor große Aufgaben, die in der Zukunft unter sehr differenzierten Blickwinkeln zu bewältigen sein werden.

Dabei spielt natürlich auch das gesellschaftliche Bewusstsein und Engagement zur Sicherstellung von guten inter- und intraindividuellen Hörbindungen eine wesentliche Rolle. Hören und Hörqualität ist ein Thema, das somit als gesamtgesellschaftliches Anliegen zu verstehen ist. Denn Hören in seinen verschiedenen Dimensionen betrifft den Menschen mit seiner individuellen Hörfähigkeit und seinen Hörbedürfnissen nahezu in allen Lebenssituationen und Altersstufen.

Wenn es um Hörqualität geht, könnte als Ziel vielleicht formuliert und sicher diskutiert werden: Die Qualität des Hörens, über die jeder einzelne verfügen sollte, versetzt ihn die Lage, uneingeschränkt am privaten, beruflichen und gesellschaftlichen Leben teilzuhaben. Das vergangene Kolloquium zeigt: Wir sind auf einem guten Weg!

Die Geers-Stiftung dankt allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern und in besonderer Weise den Referentinnen und Referenten für ihre Mitwirkung, ihr Engagement und die exzellenten Beiträge.

Ein besonderer Dank ist den Referentinnen und Referenten für die Ausarbeitung der an dieser Stelle veröffentlichten Vorträge auszusprechen.

Prof. Dr. Gottfried Diller
1. Vorsitzender der Geers-Stiftung

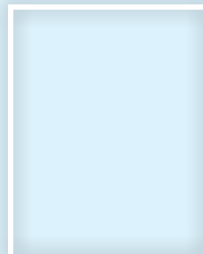
kommt noch



Listening to the Brain: A Biomarker for Central Auditory Maturation in Complex Clinical Cases



Anu Sharma,
University of Colorado at Boulder



Emily Deeves,
University of Colorado at Boulder

The P1 biomarker and its clinical utility

Obtaining reliable behavioral audiometric thresholds can be very difficult for several different clinical populations. These populations, including infants and young children with multiple disabilities, are usually evaluated with an auditory brainstem response (ABR). ABRs are typically obtained under sedation, and only measure responses from the auditory brainstem. Cortical auditory evoked potentials (CAEPs) are electroencephalographic measurements that can be recorded non-invasively on the scalp of the patient. These potentials are useful in that they are an objective measurement of the maturation of the auditory cortex, as the latency, morphology, and amplitude of responses change as a function of age. The P1 response, which is a positive peak that occurs between 100 and 300 milliseconds after the presentation of an auditory stimulus, is the most prominent element of the CAEP in young children. It is a response from both the primary auditory cortex and thalamus, and due to the age-related variance in latency of this response, it can be utilized clinically to assess maturation of the central auditory pathways (Erwin, Buchwald 1987; McGee, Kraus, 1996; Liegeois-Chauvel, Musolino, Badier, Marquis, Chauvel 1994; Eggermont, Ponton, Waring, Kwong 1997).

The benefits of using the P1 response to evaluate development of the central auditory system lie in the fact that it can be recorded while the patient is awake, which eliminates the need for sedation, and that it can provide information about higher levels of the brain (Sharma, Glick, Campbell, Biever 2013). The latency of the P1 response can serve as a biomarker of the maturation of the central auditory system due to its changes as a function of age. Normal hearing infants typically have a P1 peak occurring at approximately 300 milliseconds and the latency decreases gradually until the end of the second decade of life (Sharma, Kraus, McGee, Nicol 1997; Ceponiene, Cheour, Näätänen 1998; Ponton, Eggermont, Kwong, Don 2000; Cunningham, Nicol, Zecker, Kraus 2000; Sharma, Dorman, Spahr 2002). The systematic change in latency over time has been measured and fitted with 95% confidence intervals by Sharma and colleagues to establish a normal range of development. Measuring the P1 response and comparing it to age-matched norms can give the clinician valuable information about the maturation of the patient's central auditory pathways.

As the auditory pathways develop and the P1 latency decreases, it gives way to a robust negativity and a broad positive peak, the N1 and P2, respectively. These components of the CAEP originate in higher levels of the central auditory system, including the secondary auditory cortex, cortical-cortical circuits, and thalamo-cortical pathways (Kral, Sharma 2012). Unlike the P1 response, which is present at birth, the N1 response does not typically emerge reliably in normal hearing children until seven years of age (Sharma et al. 2013; Ceponiene et al. 1998; Ponton, Don, Kwong, Waring, Eggermont 1998; Cunningham et al. 2002; Gilley et al. 2004; Sharma, Campbell, Cardon 2015a).

Utilizing the CAEP response, especially in cases in which behavioral testing is more difficult or less reliable than usual, is a way to obtain objective information about the development of the central auditory pathways. In the sections below, we will discuss the use of the P1 biomarker to assess central auditory maturation in children who have hearing loss and co-morbid associated conditions such as Auditory Neuropathy Spectrum Disorder, CHARGE Syndrome, and Pallister-Killian Syndrome.

Auditory Neuropathy Spectrum Disorder

Auditory Neuropathy Spectrum Disorder (ANSD) is labeled as a spectrum disorder because of the wide variety of etiologies and outcomes that arise from patients who are diagnosed with the disorder (Sharma, Cardon 2015). The broadest explanation of ANSD is that it is a disorder that manifests as dys-synchronous firing of the neurons of the VIII nerve (Sharma, Cardon 2015; Starr, Picton, Sininger, Hood, Berlin 1996). However, the variability of the disorder lies in the fact that each case has its own explanation that is much more specific. Each patient that is diagnosed with ANSD has the potential to have functioning (or non-functioning) inner hair cells, outer hair cells, connections between inner hair cells and the fibers of the VIII nerve, spiral ganglion neurons, fibers of the VIII nerve, or any of these together (Sharma, Cardon 2015; Starr et al. 1996). These different etiologies, and the unpredictable amount of dys-synchrony arising from each, lead to a significant amount of inter- and intra-patient variability.

Obtaining traditional behavioral thresholds from patients with ANSD can be exceedingly difficult as they can change, sometimes on a daily basis, within a single patient. Similarly, they are not accurate predictors of behavioral outcomes as they often can be for patients with more traditional sensorineural hearing losses. For this reason, making clinical a decision for ANSD patients is often a very complicated process. The P1 biomarker is not only an objective measure of auditory maturation, but is also a reliable predictor of behavioral outcomes (Cardon, Sharma 2013; Berlin, Bordelon, St John, Wilenski, Annette, Hood 1998; Zeng, Liu 2006; Nash-Kille, Sharma 2014). Adding the information obtained by measuring the P1 latency to the traditional audiologic test battery for ANSD patients can help to guide clinicians to a better-informed clinical decision for these patients.

Case Studies

Here, we present five cases of children with diagnoses of ANSD. Each child was seen in our laboratory for clinical CAEP testing, in which we compared the latency of the P1 response to the normal developmental trajectory. In each of these cases, the results obtained in our laboratory were summarized in a report and sent to the child's managing audiologist, who incorporated knowledge of the results into the clinical management of the patient.

Case 1

This patient was born full term and although he received supplemental oxygen for about a minute after birth, once he was breathing on his own he was found to be otherwise healthy. He failed his newborn hearing screening and his parents denied a history of family hearing loss. A follow-up diagnostic ABR indicated abnormal responses, with an absent wave V and robust cochlear microphonics bilaterally, resulting in a diagnosis of ANSD. Behavioral pure tone audiometry was performed when he was a bit older, indicating a severe hearing loss bilaterally. The patient was fit with binaural hearing aids and began speech and language therapy at age 0.68 years. After a significant amount of experience with his hearing aids, the patient received a score of 39/40 on the Infant Toddler Meaningful Auditory Integration Scale (IT-MAIS), indicating that he was making progress in his auditory skill development.

In order to objectively monitor this patient's central auditory maturation, P1 testing was performed at ages 0.43 years and 0.75 years (See Figure 1). P1 responses measured pre-hearing aid fitting (age 0.43 years) were present and replicable, though delayed (outside of normal limits). This indicated that the central auditory pathways were

not receiving adequate stimulation to develop normally. When the patient returned for testing post-hearing aid fitting (age 0.75 years), P1 responses were present, replicable, and within normal limits for the patient's age. These results indicated age-appropriate central auditory maturation, which suggested that the hearing aids were providing sufficient stimulation for development of the central auditory pathways.

Case 2

This patient was born at 31 weeks gestation via cesarean section after a complicated pregnancy and delivery. He stayed in the NICU after birth for seven weeks, where he required mechanical ventilation and received a blood transfusion for jaundice. At age three months, he received a diagnostic ABR, which revealed present cochlear microphonics bilaterally, and both transient evoked otoacoustic emissions (TEOAEs) and distortion product otoacoustic emissions (DPOAEs) were present bilaterally. He was then fit with binaural hearing aids at age 0.36 years. The patient's speech and language pathologist performed two different language assessments with his mother. The first, the Receptive-Expressive Emergent Language Scale-3 (REEL-3) was performed at age three months. On this measure, the patient scored within normal limits for his corrected age in the expressive language category, but his score was in the delayed range in the receptive language category. At age 1.67 years, the speech and language pathologist performed the MacArthur Communicative Developmental Inventory with his mother. The patient scored severely below age-level expectations in the developmental category of Words and Gestures and showed a severe delay in vocabulary use in the category of Words and Sentences. After this testing, the patient's family decided to begin the process of cochlear implantation. He received a left cochlear implant at age 1.76 years.

This patient was seen for P1 testing at various points during his life and treatments. He was seen twice while he was wearing hearing aids, at ages 0.67 years and 1.36 years, and a replicable P1 response could not be identified at either age. These results indicated that the hearing aids were not providing adequate stimulation for normal development of the central auditory pathways. In contrast, when P1 testing was done shortly after he received his cochlear implant, a replicable, delayed P1 response was seen, and by age 2.18 years, the patient's P1 response latency was within normal limits (See Figure 2). After 1 year of experience with hearing aids, the patient had no replicable P1 responses, whereas after only 0.44 years of experience with the cochlear implant, the P1 responses had moved to normal limits for his age. These results indicate that while the hearing aids did not

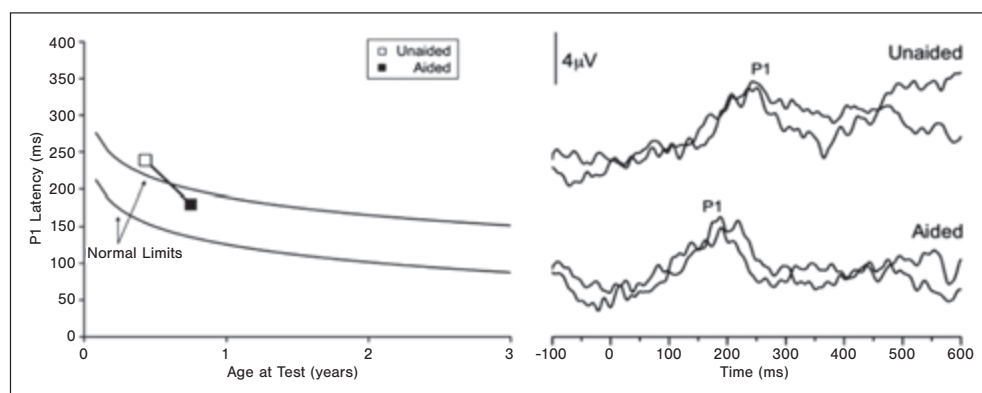


Figure 1: Adapted from Cardon, Campbell, Sharma (2012)

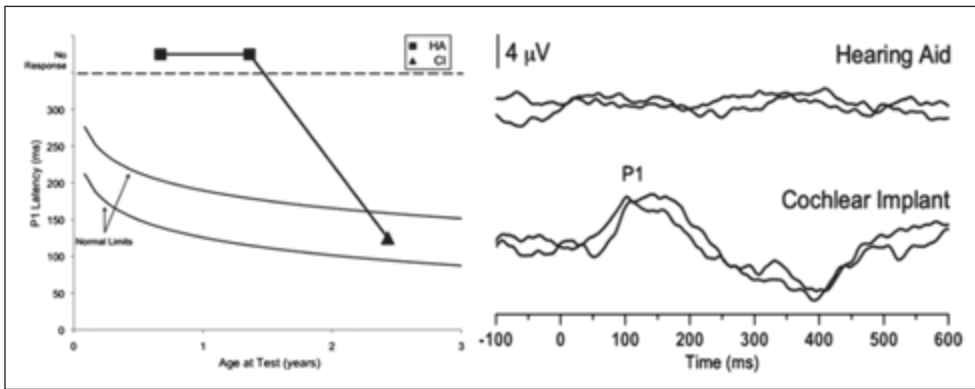


Figure 2: Adapted from Cardon, Campbell, Sharma (2012)

provide adequate stimulation for typical development of the central auditory pathways, the cochlear implant did.

Case 3

This patient was born at 24 weeks gestational age with multiple high-risk factors for hearing loss including low birth weight, low Apgar scores, high frequency oscillatory ventilation, ototoxic medication, family history of congenital hearing loss, among other medical complications. She spent 5.5 months after birth in the NICU. This patient passed her newborn hearing screening in the right ear and referred for her left ear. A follow-up diagnostic ABR indicated a profound sensorineural hearing loss with robust cochlear microphonics bilaterally, resulting in a diagnosis of ANSD. She was fit with binaural hearing aids at age one month, which were determined to be providing some benefit, but not enough to provide access to speech sounds. She was implanted in her left ear at the age of 20 months.

This patient was seen for P1 testing at age 31 months, approximately 11 months post-implantation (See Figure 3). The latency of the response with the left cochlear implant turned on was within normal limits for the child's developmental age (Figure 3 left and right panel). With the cochlear implant turned off, however, no replicable P1 could be recorded. In conjunction with parental report of progress with oral language and significant improvement on post-implantation language testing, the normal P1 response in the implanted ear that the cochlear implant was providing sufficient stimulation for development of the central auditory pathways. When testing was conducted without the cochlear implant (i.e. when testing only the non-implanted right ear), the lack of a P1 response indicated that there was not adequate auditory stimulation to promote typical auditory maturation (Figure 3

middle panel). Shortly after P1s were tested, this patient's parents decided to pursue a second implant for the right ear.

Case 4

This patient was born full-term and passed his newborn hearing screening. He was adopted at birth, so there is not much information available about his biological family's history. He was later diagnosed with a severe to profound hearing loss bilaterally at age four months, with ABR and auditory steady state response (ASSR) results indicating a more specific diagnosis of bilateral ANSD. He was fit with binaural hearing aids at age 19 months.

P1 responses were measured several times for this child in order to monitor his central auditory maturation. At age 3.66 years the P1 response was present, replicable, and within normal limits. Approximately a year later, at the age of 4.56 years, P1 responses were present and replicable, although the latency had increased so that the response was considered to be borderline normal for the child's age. These results were suggestive of a regression in age-appropriate maturation, as this child's P1 responses had previously been within normal limits. The patient was seen again at age 7.03 years, at which time the latency of the P1 response was outside normal limits (See Figure 4). When compared to previous results, this suggests that while the child was at one time receiving sufficient stimulation for typical central auditory development, by the age of 7.03 years the hearing aids were no longer providing enough stimulation. These results were consistent with parental report of notable decrease in speech perception and spoken language development. In conjunction with the traditional audiological test battery and cochlear implant can-

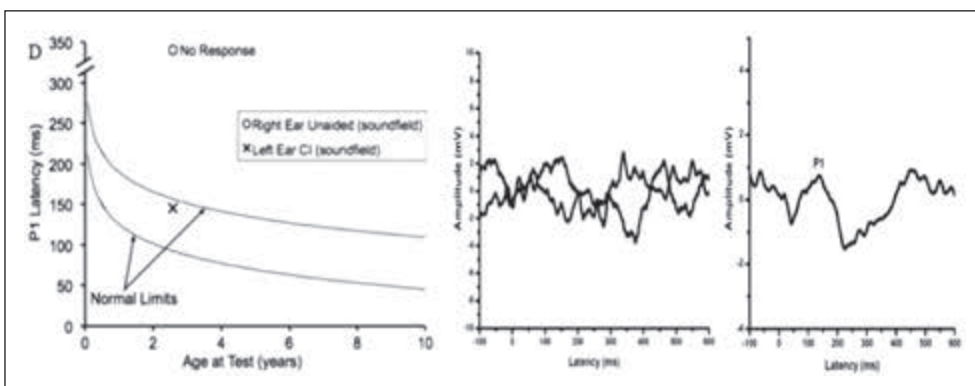


Figure 3: Adapted from Sharma, Glick, Campbell, Bieber (2013)

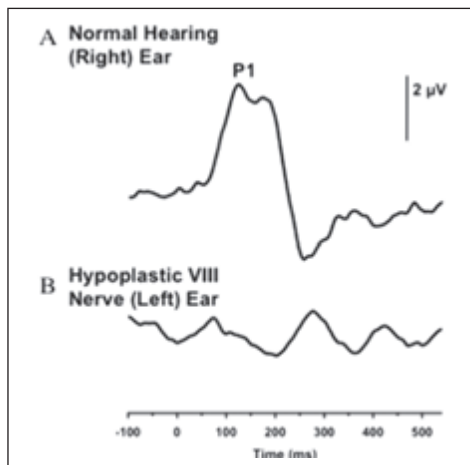


Figure 4: Adapted from Sharma, Glick, Deeves, Duncan (2015)

didacy evaluation, the P1 biomarker helped to indicate that this child was a cochlear implant candidate.

Case 5

This patient was first diagnosed with a severe unilateral hearing loss as age 6.5 years. At the time of diagnosis there was no history of medical trauma, illness, or family history of significant health problems. After she was diagnosed with the hearing loss, she received an MRI, which showed no evidence of an enlarged vestibular aqueduct or other cochlear abnormalities. It did, however, show an absent/hypoplastic VIII nerve on the left side, consistent with the patient's hearing loss. Hypoplasia of the auditory nerve is a type of ANSD for which a direct etiology can be found.

To assess the maturation of her central auditory pathways, the P1 response was measured. The P1 responses recorded from the patient's right, normal hearing ear were present, replicable, and within normal limits. This was suggestive of normal development of the central auditory pathways. When the left, hypoplastic, ear was isolated, there was a questionably replicable P1 response that was outside normal limits for the patient's age (See Figure 5). These results indicated that the patient would not be receiving sufficient auditory stimulation for normal development of the central auditory pathways from the hypoplastic ear.

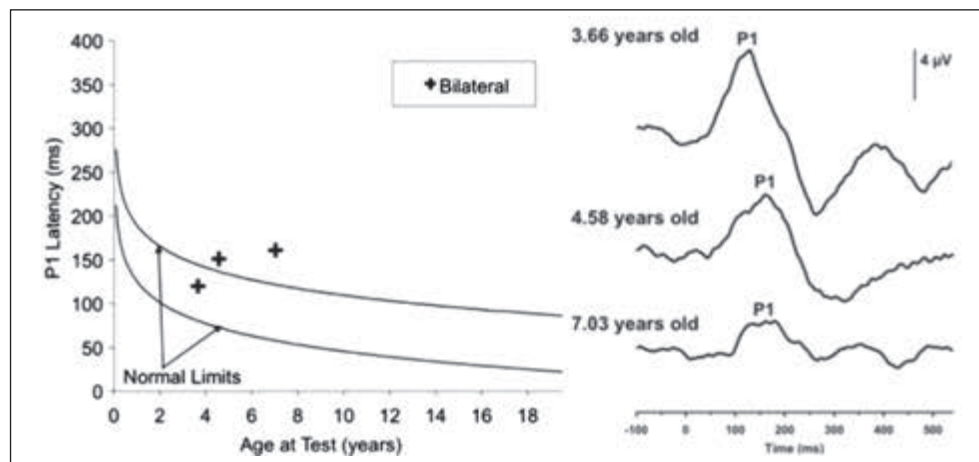


Figure 5: Adapted from Sharma, Glick, Campbell, Biever (2013)

Multiple Disabilities

While behavioral results for patients with ANSD can be variable, questionable, and unreliable, these patients are not the only ones for whom obtaining behavioral thresholds proves to be challenging. Patients who present with co-morbid disabilities, including those that are physical, sensory, neurological, psychiatric, intellectual, or cognitive in nature, in addition to hearing loss make up an estimated 20 - 40 % of the hearing loss population (Picard 2004). While the amount of children with hearing loss is relatively small, the amount of children who present with additional disabilities is even smaller. This, as well as the complexity of many other disabilities, makes this group a very heterogeneous one. Therefore, it can be exceedingly difficult to determine a course of intervention for these children, and once one has been chosen, behavioral outcomes are relatively unpredictable (Sharma et al. 2015b). For these children, the P1 biomarker is a way to objectively measure the development of the central auditory pathways to help determine if amplification is beneficial to a child or if s/he may be a cochlear implant candidate. It can also be used to monitor the development after an intervention has been initiated (Sharma et al. 2013). Together with the traditional audiologic test battery, the P1 biomarker can contribute to the clinical decision-making process regarding children with hearing loss and co-morbid disabilities.

Case Studies

Here, we present two cases of children with diagnoses of co-morbid disabilities in addition to hearing loss. Each child was seen in our laboratory for clinical CAEP testing, in which we compared the latency of the P1 response to the normal developmental trajectory. In each of these cases, the results obtained in our laboratory were summarized in a report and sent to the child's managing audiologist, who incorporated knowledge of the results into the clinical management of the patient.

Case 6

This patient was born 4.5 weeks premature, with no prenatal complications. She presented with a cleft lip and palate and middle ear infections and was diagnosed with CHARGE syndrome. After referring on her newborn hearing screening, she received a diagnostic ABR at age three months, which indicated a moderately-severe to severe sensorineural hearing loss bilaterally. Binaural hearing aids were fit at

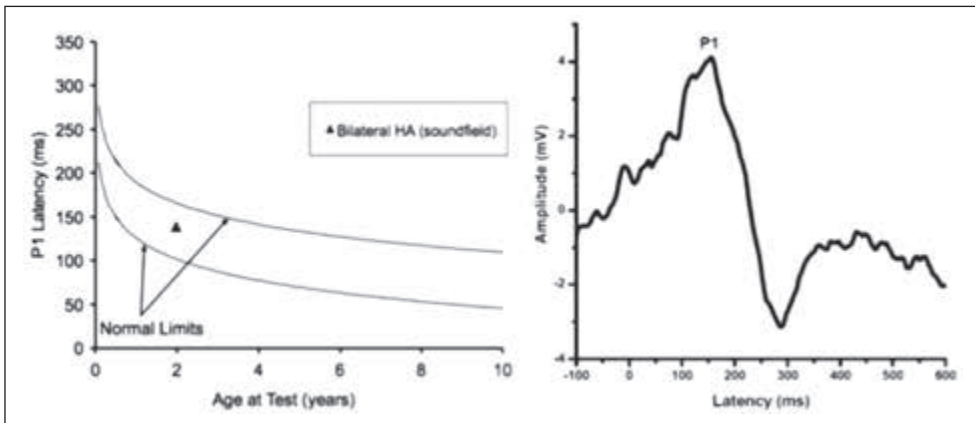


Figure 6:

age five months and questionable aided thresholds were obtained with visual reinforcement audiometry (VRA) at 45 dB HL bilaterally.

This patient was seen for P1 testing at age 23 months to assess central auditory maturation (See Figure 6). The stimuli were presented bilaterally in the sound field while the patient wore her hearing aids. With her hearing aids on, we were able to record a present and replicable P1 response with a latency within normal limits for her developmental age. These results suggested that the hearing aids were providing adequate stimulation to promote normal development of the central auditory pathways.

Case 7

This patient was born full-term and diagnosed with Pallister-Killian Syndrome, which is characterized by hydrocephalus, severe hypotonia, and vision problems. After referring on his newborn hearing screening, he received a diagnostic ABR, which indicated a profound hearing loss in the left ear and a severe-to-profound hearing loss in the right ear. He was fit with hearing aids binaurally at 8 months, at which time behavioral testing was attempted but due to his severe hypotonia, responses were questionable. The results obtained from aided testing indicated that he was not receiving enough audibility from the hearing aids for normal speech and language development.

This patient's audiologist recommended him for P1 testing, as behavioral testing was unreliable. The patient's hearing aids were very powerful, and due to feedback he was tested with bilateral insert earphones. A present and replicable P1 response was measured,

however, the latency was outside normal limits for his age (See Figure 7). This suggested that the hearing aids were not providing enough stimulation for typical development of the central auditory pathways. In conjunction with the traditional audiological criteria, these results suggested that he may be a candidate for cochlear implantation.

Conclusions

The P1 biomarker is a non-invasive, objective measure of central auditory maturation. In the cases described above, the P1 allowed us to objectively assess the interventions being provided to these children and whether or not the central auditory pathways were receiving sufficient stimulation for age-appropriate development. In Case 1, a case of ANSD, the latency of the P1 fell within normal limits after the child was fit with binaural hearing aids, indicating that they were providing adequate auditory stimulation for development of the central auditory pathways. In Case 2, a case of ANSD, there was no replicable P1 response when the patient was wearing hearing aids, but after cochlear implantation the latency quickly moved to normal limits, which suggested that the cochlear implant provided adequate stimulation for central auditory development. Case 3, a case of ANSD, was a case in which the patient received a cochlear implant in the left ear, for which the P1 response was within normal limits, while the right ear showed no P1 response. This indicated that the cochlear implant was providing enough stimulation to promote central auditory development, information which led the parents of this child to pursue an implant for the other ear. In Case 4, a case of ANSD, P1 responses were initially within normal limits with hearing aid use,

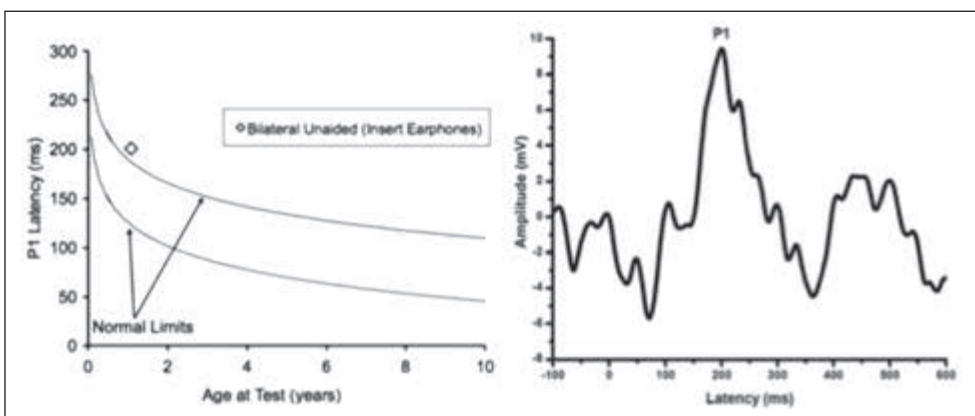


Figure 7: Adapted from Sharma, Glick, Campbell, Biever (2013)

and over time they moved to fall outside normal limits, which indicated that this patient may be a cochlear implant candidate. In Case 5, a case of ANSD caused by a left hypoplastic VII Nerve, P1 responses verified that the normal hearing ear was providing adequate stimulation for central auditory development while the hypoplastic ear was not. In Case 6, a case of CHARGE syndrome, the P1 biomarker fell within normal limits with binaural hearing aids, indicating that they were providing enough amplification for normal central auditory development. In Case 7, a case of Pallister-Killian Syndrome, unaided testing for this patient who typically wore hearing aids showed a P1 response that was outside normal limits, suggesting that he may be a cochlear implant candidate. These cases illustrate the clinical usefulness of the P1 biomarker, which is consistent with previous research from our laboratory (Sharma et al. 2013; Sharma, Dorman, Spahr 2002a; Sharma, Dorman, Kral 2005; Sharma, Dorman, Spahr 2002b; Sharma, Campbell, Cardon 2015; Cardon, Sharma 2013; Sharma, Cardon 2015; Campbell, Cardon, Sharma 2011; Cardon, Sharma 2011; Sharma, Dorman 2006; Sharma, Nash, Dorman 2009). Overall, we find that the P1 biomarker is a useful clinical tool for assessing and monitoring central auditory development when used in addition to the standard audiological test battery.

References

- Berlin C et al. (1998) Reversing click polarity may uncover auditory neuropathy in infants. *Ear Hear.* 19, p. 37–47
- Campbell J, Cardon G, Sharma A (2011) Clinical application of the P1 cortical auditory evoked potential biomarker in children with sensorineural hearing loss and auditory neuropathy spectrum disorder. *Semin Hear.* 32, p. 117–22
- Cardon G, Sharma A (2011) Cortical auditory evoked potentials in auditory neuropathy spectrum disorder: Clinical implications. *Perspect Hear Hear Disord in Children.* 21, p. 31–7
- Cardon G, Sharma A (2013) Central auditory maturation and behavioral outcomes in children with auditory neuropathy spectrum disorder who use cochlear implants. *Int J Audiol.* 52, p. 577–86
- Ceponiene R, Cheour M, Näätänen R (1998) Maturation of human central auditory system activity: Evidence for multiple generators. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 108, p. 345–54
- Cunningham et al. (2000) Speech-evoked neurophysiologic responses in children with learning problems: Development and behavioral correlates of perception. *Ear Hear.* 21, p. 554–68
- Eggermont JJ et al. (1997) Maturation delays in cortical evoked potentials in cochlear implant users. *Acta Otolaryngol.* 117, p. 161–3
- Erwin RJ, Buchwald JS (1987) Mid latency auditory evoked responses in the human and the cat model. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl.* 40, p. 461–7
- Gilley et al. (2004) Developmental changes in refractoriness of the cortical auditory evoked potential. *Clin Neurophysiol.* 116, p. 648–57
- Kral A, Sharma A (2012) Developmental neuroplasticity after cochlear implantation. *Trends Neurosci.* 35, p. 111–22
- Liegeois-Chauvel C et al. (1994) Evoked potentials recorded from the auditory cortex in man: evaluation and topography of the middle latency components. *Electroencephalogr Clin Neurophys.* 92, p. 204–14
- McGee T, Kraus N (1996) Auditory development reflected by middle latency response. *Ear Hear.* 17, p. 419–29
- Nash-Kille A, Sharma A (2014) Inter-trial coherence as a marker of cortical phase synchrony in children with sensorineural hearing loss and auditory neuropathy spectrum disorder fitted with hearing aids and cochlear implants. *Clin Neurophysiol.* 125, p. 1459–70
- Picard, M (2004) Children with permanent hearing loss and associated disabilities: Revisiting current epidemiological data and causes of deafness. *Volta Review.* 104, p. 221–36
- Ponton et al. (1998) Human auditory system maturation: A neurophysiological comparison between normal-hearing children and children who use a cochlear implant. *International Congress on Acoustics*
- Ponton et al. (2000) Maturation of human central auditory system activity: Evidence from multi-channel evoked potentials. *Clin Neurophysiol.* 11, p. 220–36
- Sharma A et al. (1997) Developmental changes in P1 and N1 central auditory responses elicited by consonant-vowel syllables. *Electroencephal Clin Neurophysiol.* 104, p. 540–5
- Sharma A et al. (2013) Central auditory development in children with hearing loss: Clinical relevance of the P1 CAEP biomarker in hearing-impaired children with multiple disabilities. *Hear Bal Comm.* 11
- Sharma A, Campbell J, Cardon G (2015a) Developmental and cross-modal plasticity in deafness: Evidence from the P1 and N1 event related potentials in cochlear implanted children
- Sharma A, Cardon G (2015) Cortical development and neuroplasticity in auditory neuropathy spectrum disorder. *Hear Res.* 330, p. 221–32
- Sharma A, Dorman M (2006) Central auditory development in children with cochlear implants: Clinical implications. *Adv Otorhinolaryngol.* 64, p. 66–88
- Sharma A, Dorman M, Kral A (2005) The influence of a sensitive period on central auditory development in children with unilateral and bilateral cochlear implants. *Hear Res.* 203, p. 134–43
- Sharma A, Dorman M, Spahr A (2002a) Rapid development of cortical auditory evoked potentials after early cochlear implantation. *Neuroreport.* 13, p. 1365–8
- Sharma A, Dorman MF, Spahr AJ (2002b) A sensitive period for the development of the central auditory system in children with cochlear implants: Implications for age of implantation. *Ear Hear.* 23, p. 532–9
- Sharma A, Nash AA, Dorman M (2009) Cortical development, plasticity, and re-organization in children with cochlear implants. *J Commun Disord.* 42, p. 272–9
- Sharma et al. (2007) Deprivation-induced cortical reorganization in children with cochlear implants. *Int J Audiol.* 46, p. 494–9
- Sharma et al. (2015b) The P1 biomarker for assessing cortical maturation in pediatric hearing loss: a review. *Otorinolaryngol.* 65, p. 103–14
- Starr A et al. (1996) Auditory neuropathy. *Brain.* 119, p. 741–53

Perception, prediction and learning of degraded speech



Matthew H. Davis,
University College, Cambridge, UK

The speech we hear in our every-day life is often difficult to hear and understand. In classrooms and cocktail parties, children and adults hear speech in the context of masking sounds (other voices) that are hard to segregate and ignore. Even in quieter settings, listeners often find that comprehension is difficult for speech in an unfamiliar accent, or heard over a low-quality telephone line. These problems are exacerbated for listeners with hearing loss or users of cochlear implants who often fail to understand speech. An important challenge for auditory neuroscience is to understand the neural mechanisms supporting successful speech perception, particularly in challenging listening conditions.

Over the past decade, working with adults with intact hearing, we have explored the impact on neural responses of manipulations that change the success of speech perception and comprehension. This paper will summarise brain responses during speech perception as measured by functional magnetic resonance imaging (fMRI) and magneto- or electro-encephalography (M/EEG). These methods provide complementary measures of neural activity to reveal underlying mechanisms. We will relate these neural measures to concurrent behavioural measures of speech perception (such as the percentage of correct word report). Our findings lead us to propose a predictive coding theory of the neural computations that combine information in the acoustic signal, with prior knowledge of speech content and perceptual expertise to achieve successful speech perception.

Responses to speech of varying signal quality

The most obvious way to change the success of speech perception is to change the clarity of the speech signal. In an early fMRI paper we measured neural responses for three different ways of reducing the clarity of spoken sentences (Davis & Johnsrude 2003): (1) speech mixed in background noise at varying signal-to-noise ratios, (2) clear speech alternating with modulated noise such that the proportion of clear speech varied, and (3) speech processed using a cochlear implant simulation (a noise vocoder, cf. Shannon et al. 1995) in which the number of frequency bands and hence spectral detail varies. For each of these manipulations we present sentences for which word report is approximately 20%, 60% or 90% correct. fMRI responses

during comprehension highlight a network of brain regions in the temporal lobe and frontal lobe that respond more strongly to more intelligible sentences (see Figure 1A). In regions of the superior temporal gyrus (STG) near to primary auditory cortex we see response profiles that are sensitive to both the intelligibility of speech and to the type of degraded speech heard. This response profile is consistent with low-level acoustic contributions to speech perception. In contrast, more distant regions of anterior, posterior and inferior temporal lobe show responses to speech intelligibility that are independent of the acoustic form of speech suggesting contributions to higher-level linguistic processes.

Most strikingly, we also see neural responses in the inferior frontal gyrus that show a non-linear relationship with intelligibility (Figure 1B): brain responses are maximal not for fully-intelligible clear speech, but for speech that is degraded but intelligible. This inverted u-shape profile illustrates a neural response associated with listening effort – additional activity when listening to intelligible speech in challenging situations. It is likely that similar processes are routinely engaged by hearing impaired individuals who less often experience fully clear speech signals. One goal of our subsequent research has been to understand the nature of this listening effort response, and characterise the underlying cognitive and neural processes that support effortful speech perception.

Figure 1: (A) Functional MRI data showing neural responses correlated with speech intelligibility and perceptual form that are consistent with acoustic (red) and linguistic (blue) processes, respectively. fMRI responses in Left Inferior Frontal Gyrus () shown in (B) illustrate an inverted-U shape profile. This profile is consistent with an inferior frontal contribution to effortful comprehension of degraded but intelligible speech (redrawn from Davis & Johnsrude 2003).*

Follow-up studies have explored how factors other than signal quality modulate neural responses associated with listening effort (see Johnsrude & Rodd 2015 for a review). A study led by Conor Wild and Ingrid Johnsrude showed that frontal responses to degraded speech (but not temporal lobe responses to clear speech) are reduced when listeners are distracted (Wild et al. 2012). We have also shown how listening effort responses can also be elicited by clearly-spoken sentences that contain ambiguous words (Rodd et al. 2012). Neural responses in inferior frontal regions also show interactions between signal clarity and speech content consistent with compensatory mechanisms that combine knowledge of likely sentence content with degraded sensory signals (Davis, Ford, Kherif & Johnsrude 2011). These interactions motivate exploration of how linguistic knowledge and degraded sensory signals are combined during speech perception.

Enhancing speech perception with prior knowledge

Perception of degraded speech provides striking illustrations of the “unconscious inference” that Helmholtz originally proposed for vision. Perceptual inference involves combining information from sensory signals with prior knowledge of the likely content of those signals. Perception is most successful when these two sources of information align. For example, listeners exposed to computer-generated tones that track the formant frequencies of connected speech typically report hearing synthetic bird song or random whistles. However, if they are told to listen for the specific sentence that provided the formant frequencies then this same stimulus is perceived as intelligible speech (Remez et al. 1981, see demonstrations at <http://www.mrc-cbu.cam.ac.uk/people/matt-davis/personal/sine-wave-speech/>). Similar perceptual transformations occur for hearing impaired individuals: television subtitles (closed captions) not only support comprehension but also enhance the perceived clarity of speech.

Our recent work has provided behavioural and neural data concerning the mechanisms by which listeners use written text and other forms of prior knowledge to support perception of degraded speech. As in our earlier fMRI work, these studies use speech degraded by noise-vocoding – a manipulation created by dividing speech signals into a small number of frequency bands or channels, extracting the amplitude profile over time (envelope) in each channel and using this envelope to modulate a band-pass filtered noise in corresponding frequency ranges. This creates a form of degraded speech that sounds like a harsh, noisy whisper (you can hear examples at <http://www.mrc-cbu.cam.ac.uk/personal/matt.davis/vocode/>). Changing the number of channels parametrically varies the subjective clarity and hence intelligibility of degraded speech (see Figure 2B). However listeners also report increased clarity for degraded words that match previously presented written text; written text produces an improvement in clarity equivalent to doubling the number of vocoder channels. The effect of written text: (1) is apparent by comparison with no cue conditions as well as conditions in which text mismatches with degraded speech, (2) depends on written text being presented before the start of the spoken word, and (3) is proportionate to the degree of phonological overlap between expected and heard speech. This perceptual profile is consistent with top-down effects of prior knowledge when listening to degraded speech (Sohoglu, Peelle, Carlyon & Davis 2014).

Evidence that these effects of prior knowledge are mediated by top-down neural mechanisms is also provided by M/EEG data collected during similar listening situations (Sohoglu, Peelle, Carlyon & Davis

Figure 2: (A) Pseudo-spectrograms of vocoded spoken words with different numbers of spectral channels. (B) Perceptual clarity of vocoded speech is enhanced by sensory changes (additional channels) and by prior knowledge (matching text). (C) M/EEG data shows that neural effects of these two sources of clarity dissociate. STG responses increase for speech that is physically clearer, and decrease for speech that matches prior knowledge (from Sohoglu et al. 2012).

2012). When prior knowledge enhances perceptual clarity it has very different neural effects from changes to the physical form of speech. In the superior temporal gyrus (STG) we see an increased response to speech that is acoustically clearer (consistent with the fMRI study shown in Figure 1). However, prior knowledge that has precisely the same effect on perceptual outcomes (increasing clarity) has an opposite effect on STG responses: these are reduced for speech that follows matching text. Furthermore, degraded speech that follows matching text leads to an early response increase in the inferior frontal and precentral gyri that precedes the decreased response in the STG. We propose that this frontal response reflects the operation of top-down mechanisms that predict the acoustic form of expected speech signals and that these predictions modulate responses in the STG (Davis & Johnsrude 2007). In recent work we have shown that one function served by these top-down mechanisms is to support longer-term learning that helps listeners in perceiving degraded speech.

Learning to perceive degraded speech

In a great number of situations, listeners show gradual improvements in their ability to report degraded or accented speech – that is, they show perceptual learning. For post-lingually deafened cochlear implant users, perceptual learning is critical for gaining optimal benefit from their implant. Speech can sound severely degraded and hard to understand at switch on, but becomes more easily understood over the weeks and months that follow. Studying similar forms of perceptual learning in the laboratory has helped us to understand the neural mechanisms responsible.

In studies with vocoded speech, we have shown that less than an hour of training can substantially improve word report accuracy for sentences (Davis et al. 2005). Participants acquire general knowledge

of the perceptual form of vocoded speech since learning improves report of previously untrained words (Hervais-Adelman et al. 2008), or vocoded speech processed with different carrier signals, or channel frequencies (Hervais-Adelman et al. 2011). Our findings also show a cognitive profile consistent with top-down mechanisms; for example, perceptual learning is enhanced by prior presentation of written text (Davis et al. 2005), clear speech (Hervais-Adelman et al. 2008) or visual speech (Wayne & Johnsrude 2012) that matches vocoded speech sounds. Perceptual learning is also enhanced if listeners hear degraded speech that contains familiar words (Davis et al. 2005).

A recent M/EEG study has revealed neural changes that accompany this form of perceptual learning (Sohoglu & Davis 2016). Specifically, we show that perceptual learning of vocoded speech leads to a decrease in the magnitude of neural responses in the STG. This is the same change in neural response, in the same cortical area, as previously seen when written text provides listeners with prior knowledge of the content of degraded speech (Sohoglu et al. 2012). Furthermore, reductions in neural activity due to learning and prior written text are correlated with the improvement in word report scores shown by individual listeners. These changes to neural responses are once more opposite to those found when listeners hear speech that is easier to understand because it is physically clearer. This dissociation suggests that neural changes due to prior knowledge and perceptual learning are more than a mere consequence of improved speech perception, but rather reflect the underlying mechanisms that support learning.

A predictive coding theory of speech perception and learning

Computational simulations reported by Sohoglu & Davis (2016) specify the neural mechanisms supporting perceptual learning in more detail.

Figure 3: Schematic of a predictive coding account of the perception of degraded speech. Superior temporal gyrus regions compute the difference between heard and expected speech signals, with prediction error used to update higher-level phonological hypotheses about segments heard. In the presence of strong prior knowledge that matches the speech input, prediction error signals represent information on the nature of the acoustic degradation applied to speech and can therefore be used to support longer term perceptual learning (from Sohoglu & Davis 2016).

These simulations implement a theory called predictive coding. This is the idea that during speech perception – as for many other forms of perception – the brain is continuously predicting the form of upcoming sensory signals. In speech perception, these predictions are compared with the acoustic input, and the discrepancy between heard and expected sounds – a prediction error – is computed and passed forward to update higher-level perceptual hypotheses (i. e. which speech sounds were heard, see Figure 3). This theory explains why brain responses go down when written text informs listeners what degraded word they are hearing – neural responses as measured with M/EEG provide a neural correlate of prediction error which is reduced for words that match written text. Our predictive coding theory also explains why, when more detailed or clearer sensory signals are presented neural responses increase. The additional acoustic detail present in clearer speech will lead to greater prediction error – unless these additional details more closely correspond to listeners' expectations.

In the context of this predictive coding model, the role of prior knowledge in perceptual learning can be precisely specified. Prediction errors for speech that matches prior expectations contains information on whether and how speech sounds have been degraded. Prediction error therefore provides information that can be used to update how the brain links perceptual categories or words to their acoustic forms. By learning to minimize prediction error, the perceptual system can more optimally process similar forms of degraded speech in future.

Implications for people with hearing impairment

Our predictive coding theory of speech perception explains the neural effect of three different laboratory manipulations that modulate the success of speech perception. Current research on the neural consequences of hearing loss is not yet sufficient to demonstrate that our predictive coding theory also applies to speech degradation due to cochlear implantation or hearing impairment. Further research is required, therefore, if we are to use our laboratory observations to derive recommendations for hearing impaired individuals. In the absence of this additional research, then, we can only make tentative proposals which – to the extent that they align with existing recommendations – might seem entirely obvious, and where they don't align could be controversial. We therefore offer the following recommendations with caution:

- (1) Speech perception in real world situations is supported by multiple sources of prior knowledge – lip movements, sentence context, and many other cues. The neural systems supporting speech perception and comprehension include mechanisms that continuously compute and are supported by relevant prior knowledge. Clinical tests of hearing impaired individuals that use whole language or real world listening situations can be more difficult to calibrate, but may provide a more accurate picture of functional hearing impairment than context free listening tests.
- (2) The prefrontal regions recruited during attentive and effortful listening to degraded speech seem to support a number of domain-general functions (including contributions to semantic processing and memory). We expect hearing impairments that increase listening effort will also impair comprehension and memory. Hearing impaired listeners are likely to need additional support in educational or business contexts – even if simple measures of intelligibility (e. g. word report) remain high.

- (3) Providing supportive prior knowledge – e. g. written subtitles in advance of difficult to understand speech – can substantially reduce listening effort and is strongly recommended. Although one might expect that using subtitles would create dependency and negatively impact on listening situations where subtitles are no longer available, our laboratory evidence suggests exactly the opposite. As well as reducing listening effort, subtitles also enhance the efficacy of long-term perceptual learning such that speech understanding is likely to be improved even when subtitles are no longer available. Research studies with hearing-impaired individuals should explore whether subtitles can contribute to effective rehabilitation programmes for post-lingually deafened listeners and other hearing impaired individuals with high levels of literacy.

References

- Davis MH, Ford MA, Kherif F, Johnsrude IS (2011) Does semantic context benefit speech understanding through "top-down" processes? Evidence from time-resolved sparse fMRI. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23 (12), p. 3914–3932
- Davis MH, Johnsrude IS (2003) Hierarchical Processing in Spoken Language Comprehension. *Journal of Neuroscience*, 23 (8), p. 3423–3431
- Davis MH, Johnsrude IS (2007) Hearing speech sounds: Top-down influences on the interface between audition and speech perception. *Hearing Research*, 229 (1-2), p. 132–147
- Davis MH, Johnsrude IS, Hervais-Adelman A, Taylor K, McGettigan, CM (2005) Lexical information drives perceptual learning of distorted speech: Evidence from the comprehension of noise-vocoded sentences. *Journal of Experimental Psychology: General*, 134 (2), p. 222–241
- Hervais-Adelman A, Davis MH, Johnsrude IS, Carlyon RP (2008) Perceptual learning of noise vocoded words: effects of feedback and lexicality. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 34 (2), p. 460–474
- Hervais-Adelman A, Davis MH, Taylor K, Johnsrude IS, Carlyon RP (2011) Generalization of perceptual learning of vocoded speech: Evidence for abstract pre-lexical representations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 37 (1), p. 283–295
- Remez RE, Rubin PE, Pisoni DB, Carell TD (1981) Speech perception without traditional speech cues. *Science*, 212, p. 947–950
- Rodd JM, Johnsrude IS, Davis MH (2012) Dissociating frontotemporal contributions to semantic ambiguity resolution in spoken sentences *Cerebral Cortex*, 22 (8), p. 1761–1773
- Rodd JM, Johnsrude IS (2015) Factors that increase processing demands when listening to speech, in Hickok & Small (Eds) *The Neurobiology of Language*, Academic Press
- Shannon RV, Zeng F-G, Kamath V, Wygonski J, Ekelid M (1995) Speech recognition with primarily temporal cues. *Science*, 270, p. 303–304
- Sohoglu E, Davis MH (2016) Perceptual learning of degraded speech by minimizing prediction error. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*
- Sohoglu E, Peelle JE, Carlyon RP, Davis MH (2012) Predictive top-down integration of prior knowledge during speech perception. *Journal of Neuroscience*, 32 (25), p. 8443–8453
- Sohoglu E, Peelle JE, Carlyon RP, Davis MH (2014) Top-down influences of written text on perceived clarity of degraded speech. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 40 (1), p. 186–199
- Wayne R, Johnsrude IS (2012) The Role of Visual Speech Information in Supporting Perceptual Learning of Degraded Speech. *Journal of Experimental Psychology: Applied*
- Wild CJ, Yusuf A, Wilson D, Peelle JE, Davis MH, Johnsrude IS (2012) Effortful listening: The processing of unattended speech depends critically on its acoustic clarity. *Journal of Neuroscience* 32 (40), p. 14010–14021

Hirnhemisphären und Musikwahrnehmung: Individuelle Klangwahrnehmung und musikalisches Lernen



*Peter Schneider,
Neurologische Klinik
der Universität Heidelberg*

Einleitung: Subjektive Unterschiede in der Klangwahrnehmung

Die musikalische Tonhöhe von harmonischen Klängen unterscheidet sich um bis zu drei oder vier Oktaven, wenn derselbe Klang unterschiedlichen Hörern vorgespielt wird. Solche Wahrnehmungsunterschiede wurden von unserer Forschergruppe „Musik und Gehirn“ an der Neurologischen Klinik der Universität Heidelberg mittlerweile an über 2 000 Probanden beobachtet und mit Hilfe eines speziell entwickelten Klangwahrnehmungstests zum Oberton- und Grundtonhören (Schneider 2005) systematisch untersucht. Bei diesem Test wird die Tonrichtungswahrnehmung für jeweils zwei aufeinanderfolgende, unvollständige, harmonische Klänge, deren Grundtöne fehlen, bestimmt. Die präsentierten Obertongruppen weisen formantähnliche, für die Klangfarben- und Tonhöhenwahrnehmung relevante Strukturmerkmale auf, wie sie charakteristisch für Instrumentalklänge und stimmhafte Sprachlaute sind. Durch eine gegenläufige Verschiebung der Obertongruppen und des fehlenden Grundtones, sowie eine geeignete Parametrisierung der Frequenz und der Anzahl und der Lage der Obertöne war es möglich, mit insgesamt 162 unterschiedlichen Tonpaaren ein Profil des grund- oder obertonbezogenen Hörens zu bestimmen. Dabei wird für jeden Probanden ein „Hörindex der Klangwahrnehmung“ berechnet, dessen Wertebereich zwischen -1 (nur Grundtöne gehört) und $+1$ (nur Obertöne gehört) liegt (Abbildung 1 B). Die Testpersonen waren vorwiegend Profimusiker, darunter Orchestermusiker (Liverpool Royal Philharmonic Orchestra, Mannheimer Nationaltheater, Staatsphilharmonie Rheinland-Pfalz, Heidelberger Philharmoniker), Rockmusiker, Dirigenten, Komponisten, Musikhochschuldozenten und Musikhochschulstudenten, aber auch Amateurmusiker und Nichtmusiker. Sowohl bei Musikern als auch bei Nichtmusikern wurde unabhängig vom Alter eine sehr breite Verteilung der Höreigenschaften mit unterschiedlich verlaufenden Grenzen zwischen den individuellen Wahrnehmungsbereichen für Grundtöne, oktavierte Grundtöne und Spektraltöne gemessen. Ein Teil der untersuchten Personen war „extrem hörend“, d. h. es wurden im gesamten Testbereich ausschließlich Obertöne oder Grundtöne gehört. Manche Hörer waren im tiefen Frequenzbereich Grundtonhörer und im hohen Frequenzbereich Obertonhörer, andere genau umgekehrt, sodass sich je nach Hörertyp völlig unterschiedliche Klangwahrnehmungsprofile darstel-

len ließen. Oberhalb der dreigestrichenen Oktave (ab ca. 2 000 Hz) zeigte sich eine insgesamt leichte altersbedingte Zunahme der spektralen Wahrnehmung, die für klinische oder medizinische Anwendungen relevant sein könnte. Die Grazer Psychologin Annemarie Seither-Preisler interpretierte das Phänomen der ambivalenten Wahrnehmung physikalisch gleicher Reize auf Basis der auditiven Mustererkennung und der lernbedingten Plastizität. Dabei wird postuliert, dass mit musikalischer Erfahrung zunächst die konkrete, diffuse Klangwahrnehmung in den Hintergrund tritt zugunsten des abstrakteren Merkmals der (vorhandenen oder fehlenden) Grundtonhöhe (Seither-Preisler 2007). Diese Verschiebung in der Wahrnehmung geschieht weitgehend unbewusst und kann bereits nach mehrwöchigem Hörtraining beobachtet werden (Seither-Preisler 2008). In ähnlicher Weise scheint sich die Wahrnehmung bei Personen mit mittlerer musikalischer Kompetenz (z. B. Amateurmusiker) zunächst in Richtung Grundtonhören zu verschieben. Bei Experten mit einem sehr hohen Grad an musikalischer Erfahrung können sich die Verhältnisse jedoch wieder umkehren, sodass ein Teil der Profimusiker grund- und ein anderer Teil obertonhörend ist. Bei letzteren scheint an Stelle der unbewussten Mustererkennung das bewusste Heraushören einzelner Spektralanteile zu treten.

Als Pioniere der neuronalen Klangforschung verwendeten Robert J. Zatorre die Positronenemissionstomographie (PET), Christo Pantev die Magnetencephalographie (MEG) und Eckart Altenmüller die Elektroencephalographie (EEG), um die auditorische Verarbeitung beim Hören von musikalischen Klängen in Abhängigkeit von spektralen und zeitlichen Aspekten der Klangparameter (Zatorre et al. 2001), von der Klangfarbe verschiedener Musikinstrumente (Pantev 2001) und im Zusammenhang mit neuronalen Adaptationsprozessen beim Spielen von Musikinstrumenten (Altenmüller 2008) zu untersuchen. Dabei bildeten sich zeitliche Aspekte der primären auditorischen Klangverarbeitung (Tonlänge und Rhythmus) vorwiegend im Hörkortex der linken Hemisphäre ab, spektrale Aspekte (Klangfarbe und Melodiekontur) hingegen im rechten Hörkortex. Eine genauere Analyse ergab, dass der Schwerpunkt der auditorischen Verarbeitung im seitlichen Bereich des Heschl Gyrus (HG) lokalisiert ist (Abbildung 1 A), einer Gehirnwindung im Zentrum des auditorischen Kortex, der nach dem Wiener Anatom Richard Ladislaus Heschl benannt ist (Heschl 1878), aber erst einige Jahrzehnte später als relevantes Areal für die primäre Verarbeitung von Klangparametern und Musik erkannt wurde. In einem späteren Zeitfenster der kortikalen Verarbeitung tritt die Hemisphären-dominanz zugunsten einer Ko-Aktivierung weiträumiger rechts- und linkshemisphärischer Netzwerke eher in den Hintergrund.

Da die Wahrnehmung der Grundfrequenz einer Obertonreihe eher zeitliche Aspekte abbildet, nämlich die Periodizitätsfrequenz der Schallwelle, die Wahrnehmung von Obertönen hingegen spektrale Aspekte, die mit der Struktur des Frequenzspektrums zusammenhängen, lag es nahe anzunehmen, dass das „Grundtonhören“ eine linkshemisphärische und das „Obertonhören“ eine rechtshemisphärische Eigenschaft sein müsse. Diese Annahme konnte im Heidelberger For-

schungslabor mit dem Verfahren der Magnetoencephalographie (MEG) zur Messung der Gehirnströme beim Hören von musikalischen Klängen sowie der funktionellen und strukturellen Magnetresonanztomographie (fMRT) zur Erfassung der anatomischen Struktur eindeutig belegt werden: Grundtonhörer wiesen einen größeren linken HG auf, Obertonhörer hingegen einen vergrößerten, dominanten rechten HG. Die im MEG gemessenen Gehirnströme ließen Unterschiede in der Hörwahrnehmung bereits in einem frühen Zeitfenster von etwa 30 – 80 Millisekunden nach Tonbeginn – zum Zeitpunkt des Einschwingvorgangs als automatische Reaktion – erkennen (Schneider 2005). In Übereinstimmung damit identifizierten zwei neue fMRT-Studien vom McGill Lab in Montreal den rechten auditorischen Cortex als Verarbeitungszentrum für die spektralen Aspekte von Klängen bzw. für die „feinere spektrale Auflösung“ (Hyde 2008; Warrier 2009).

Hörertypen und ihre Instrumente

Interessanterweise zeigte sich auch ein Zusammenhang zwischen dem dominanten Hörmodus und der Präferenz für bestimmte Musikinstrumente (Schneider 2005a, Abbildung 1 B). Grundtonhörer bevorzugen oft Musikinstrumente, die kurze, scharfe oder impulsive Töne produzieren (Schlagzeug, Gitarre, Klavier, Trompete, Querflöte oder hohe Soloinstrumente) und neigen darüber hinaus zu virtuoser, impulsiver, zeitlich synchroner Spielweise. Obertonhörer bevorzugten hingegen in der Regel Musikinstrumente, die länger ausgehaltene Töne mit charakteristischen Klangfarben oder Formanten im Spektrum produzieren (Streich-, Blech- oder Holzblasinstrumente in tieferen Lagen, Orgel oder Gesang). Innerhalb der einzelnen Instrumentenfamilien waren die Spieler der jeweiligen Instrumente mit dem höchsten Register (Geige, Querflöte, Trompete) die jeweils stärksten Grundtonhörer. Die Spieler der Instrumente mit dem tiefsten Register (Kontrabass, Fagott, Bassposaune, Tuba, Orgel) waren umgekehrt die stärksten

Obertonhörer. Diese Tendenz war auch bei den Sängern deutlich zu sehen: Bässe und Altistinnen hörten stärker spektral als Sopranistinnen und Tenöre. Jazzmusiker tanzten allerdings völlig aus der Reihe: Trotz perkussiver Instrumentenwahl waren die getesteten zehn Jazzschlagzeuger, 22 Jazz-Gitarristen und 28 Jazzpianisten fast ausschließlich Obertonhörer. Möglicherweise profitieren sie als solche entscheidend davon, die charakteristischen Jazzakkorde („Voicings“) in ihrem mehrschichtigen Aufbau von Septimen, Nonen, Undezimen und Tredezimen sauber auflösen zu können, während bei Grundtonhörern anstelle der filigranen Feinstruktur der Jazzintervalle nur noch ein verschmelzender „grundtöniger Klangbrei“ übrig bleiben würde. Bei den Jazzschlagzeugern stand interessanterweise eher die klangfarbenbetonte Spielweise des Beckens im Mittelpunkt, im Gegensatz dazu bei den grundtonhörenden Drummern eine die Base-Drum betonende Spielweise. Eine stark spektral hörende Paukistin beschrieb den Klang ihres Paukenschlags als 10–20 stimmige bewusst gestaltete Melodieschichtung und konnte nicht verstehen, dass andere Hörer (Grundtonhörer) auch beim besten Willen nicht in der Lage waren, mehr als einen einzigen donnernden Gesamtklang zu wahrnehmen.

Im Vergleich zu den getesteten 1 203 Musikern (Profimusiker, Musikstudenten oder viel musizierende Amateurmusiker) gab es in der Kontrollgruppe von 170 Nichtmusikern einen signifikant höheren Prozentsatz an Grundtonhörern. Grundtonhörende Profimusiker waren allerdings keineswegs weniger musikalisch talentiert. Sie neigten, wie schon angedeutet, einheitlich zur Präferenz von Musikinstrumenten, welche eine impulsive oder perkussive Tongebung begünstigen (Schlagzeug, Gitarre, Klavier). Auch die Dirigenten, denen es an Impulsivität und Schlagkraft nicht mangeln sollte, waren überwiegend Grundtonhörer. Musiker, die das gleiche Hauptinstrument spielten aber unterschiedlich hörten, unterschieden sich sowohl in ihrer musikalischen Klangvorstellung als auch in ihrer Musizierpraxis: Grundtonhörer spielten tendenziell lieber virtuos oder rhythmisch betont, Obertonhörer interessierten sich mehr für zarte Klangfarbenänderungen, die Gestaltung einzelner Klangereignisse, einen weicheren Tonansatz, historische Aufführungspraxis oder die Hervorhebung von polyphonen Melodieverläufen. Möglicherweise scheint auch das vertraute Klangumfeld die Hörweise zu beeinflussen: So beobachtete der amerikanische Klangforscher Mark A. Pitt, dass Musiker für Klänge ihres eigenen Instrumentes die besten Klangdiskriminationsleistungen zeigten (Pitt 1994).

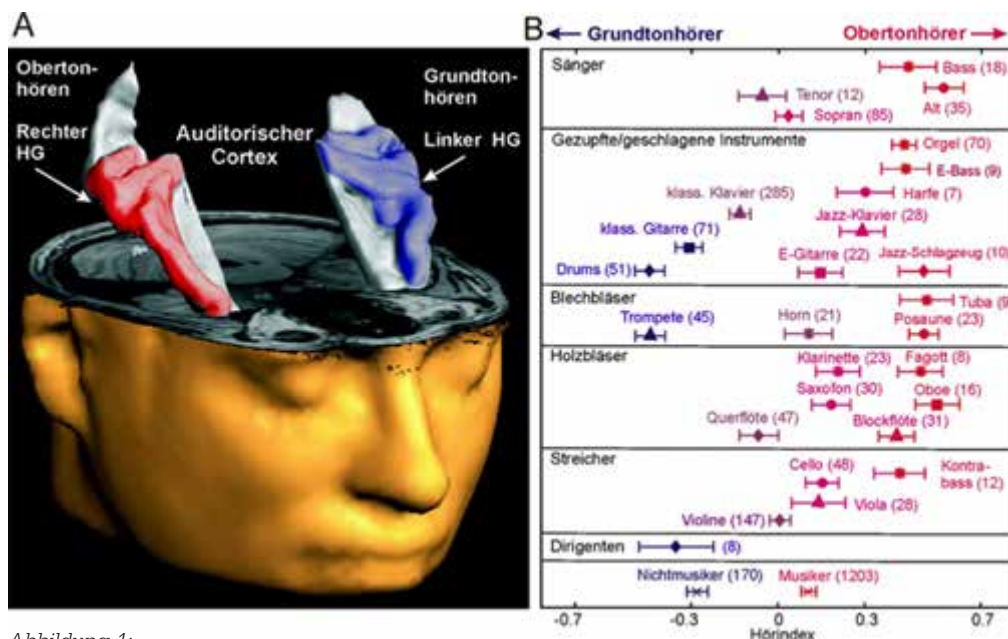


Abbildung 1:

(A) Rekonstruktion des auditorischen Cortex. Obertonhörer haben im Zentrum des auditorischen Cortex einen dominanten rechten Heschl'schen Gyri (HG, rot gefärbt), Grundtonhörer einen dominanten linken HG (blau).

(B) Zusammenhang des Grund- und Obertonhörens mit der Präferenz von Musikinstrumenten, dargestellt für insgesamt 1 203 Musiker und 170 Nichtmusiker (Mittelwerte ± Standardfehler).

Manche Musikerguppe, Musikhochschulen, Sinfonie- und Opernorchester zeigten überraschenderweise relativ homogene Höreigenschaften. So waren die Orchestermusiker des Royal Liverpool Philharmonic Orchestra fast alle Obertonhörer, die Orchestermusiker des Mannheimer Nationaltheaters hingegen überwiegend Grundtonhörer. Auch die Jazz- und Popschulen zeigten eine kom-

plementäre Verteilung: Die gemessenen Schlagzeuger der Popakademie in Mannheim waren alle Grundtonhörer, die Schlagzeuger der Frankfurter Musikwerkstatt hingegen zumeist Obertonhörer. Diese vorläufigen Ergebnisse lassen sich sowohl anlagebedingt als auch lernbedingt deuten, wobei entweder die Wahl eines bestimmten Instrumentes oder sogar die Eignungsprüfung zur Aufnahme an einer bestimmte Musikschule durch die Art des Hörens beeinflusst wird, umgekehrt aber auch die Art des Hörens sich aus der Praxis mit einem bestimmten Instrument oder einem speziellen musikpädagogischen Unterrichtsansatz ergeben könnte (Jäncke 2008).

Klangwahrnehmung und musikalisches Lernen bei unauffälligen und entwicklungsauffälligen Kindern mit AD(H) und LRS

Im Rahmen des BMBF-Forschungsschwerpunkt-programms zur kulturellen Bildungsinitiative „Jedem Kind ein Instrument“ (JeKi) wurde in Kooperation mit den Universitäten Heidelberg und Graz (Privatdozentin Annemarie Seither-Preisler) von 2009–2015 die Langzeitstudie „Audio- und Neuroplastizität des musikalischen Lernens“ (AMseL) durchgeführt. Dabei wurde an einer Stichprobe von insgesamt 220 Kindern auf Basis von neuroanatomischen, neurofunktionellen und hörakustischen Längsschnittdaten untersucht, wie sich reife- und lernbedingte musikalische Entwicklungsverläufe unter Berücksichtigung der individueller Klangwahrnehmungseigenschaften darstellen lassen. Die Kinder waren entweder unauffällig (Kontrollgruppe) oder zeigten Entwicklungs- und Lernauffälligkeiten (Lese-Rechtschreibschwäche, ADHS oder ADS) und musizierten entweder wenig/nicht („Nichtmusiker“) oder viel („Musiker“). Mit Hilfe der Studie sollten folgende Fragen beantwortet werden: (1) Hat intensives Musizieren einen besonderen Einfluss auf die Gehirnentwicklung, das Hörvermögen und im Sinne eines Lerntransfers auch auf außermusikalische Fähigkeiten? (2) Lassen sich generelle musizierbedingte und insbesondere auch JeKi-spezifische Wirkungen auch über das Grundschulalter hinaus feststellen? (3) Zeigt musikalisches Training besondere Wirkungen bei Lern- und Entwicklungsauffälligkeiten? (4) Falls ja, wie können entwicklungsauf-

fällige Kinder musikalisch gefördert werden? (5) Gibt es auf Gehirnebene neuroanatomische und -funktionelle Marker für Legasthenie, ADHS und ADS mit möglicherweise diagnostischer Relevanz? Als neurologische Messverfahren wurden zum einen die Kernspintomographie (MRT) zur Erfassung der anatomischen Struktur des Gehirns und zum anderen die Magnetencephalographie (MEG) zur Messung der Gehirnströme beim Hören von Klängen eingesetzt. Gerade die Kombination von strukturellen MRT- und funktionellen MEG-Messungen mit denselben Probanden ist besonders effektiv, da erstere die erforderliche räumliche Auflösung zur Lokalisierung gewährleisten und letztere eine hohe zeitliche Präzision liefern (Schneider & Seither-Preisler 2015).

Zunächst zeigte sich, dass entwicklungs- und lernauffällige Kinder mit ADHS, ADS und LRS generell ein deutlich vergrößertes Areal des für die sekundäre auditorische Verarbeitung zuständigen Planum temporale (PT) in der linken Gehirnhälfte aufweisen, und zweitens charakteristische Laufzeitverschiebungen von ca. 10 – 40 ms zwischen den primären auditorischen Antworten beider Gehirnhälften auftreten. Dieser Befund korrespondiert auf Verhaltensebene mit einer verschlechterten Wahrnehmung von Sprachbedeutungsträgern (Phomene und Silben) und einer geringeren Daueraufmerksamkeit (Seither-Preisler, Parncutt & Schneider 2014). Die im Zentrum des Hörkortex liegenden, für die Klang- und Musikverarbeitung zuständigen Heschlschen Querwindungen (HG) wiesen zudem bei auffälligen Kindern auf der linken Seite ein geringeres Volumen an grauer Substanz und somit ein deutlich kleineres Verhältnis zwischen HG und PT auf als bei den Kontrollkindern.

Intensiv musizierende Kinder zeigten in allen untersuchten Gruppen gegenläufige neuroanatomische und -funktionelle Eigenschaften, nämlich besonders große HGs und besonders geringe Laufzeitverschiebungen, d. h. eine sehr gute Synchronisation zwischen dem rechten und linken Hörkortex. Daher kann angenommen werden, dass sich Musizieren bei entwicklungsauffälligen Kindern generell positiv auswirkt. Darüber hinaus kristallisierten sich zusätzliche neuroanatomische

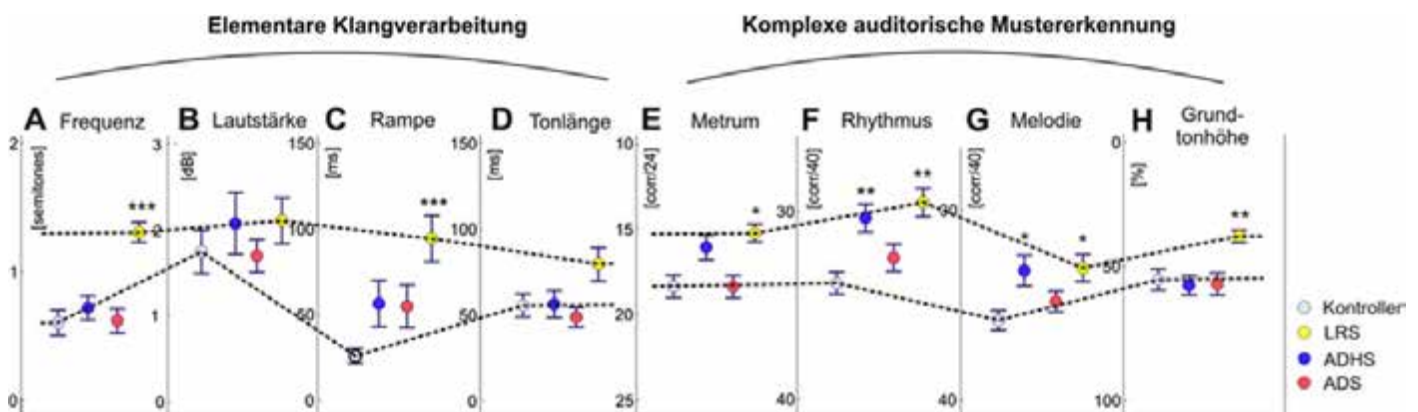


Abbildung 2: Hör- und Klangwahrnehmungsfähigkeiten

Im Vergleich zu unauffälligen Kontrollkindern zeigten Kinder mit Lese-Rechtschreibschwäche (LRS) signifikant verschlechterte Werte, bei den mit dem DINO-Test (Sutcliffe & Bishop 2005; Huss et al. 2011) erhobenen elementaren Hörleistungen (Unterschiedsschwellen für Frequenzen, Tonlängen und Tonrampen) und den mit dem Metric-Test (Sutcliffe & Bishop 2005; Huss et al. 2011) und IMMA-Test (Gordon 1986) erfassten komplexeren Hörleistungen (Unterscheidung von Metren, Rhythmen und Melodien). Des Weiteren zeigten die Ergebnisse von Tests zur Grundton- und Obertonwahrnehmung (Auditory Ambiguity Tests/AAT; Seither-Preisler et al. 2007; Pitch Perception Preference Test/PPPT; Schneider et al. 2005), dass die Klangwahrnehmung bei LRS-Kindern deutlich zugunsten der spektralen bzw. klangerfarbenen Wahrnehmung verschoben war. Demgegenüber waren Kinder mit ADHS nur durch verschlechterte Werte in der komplexen Hörverarbeitung (Rhythmus- und Melodieunterscheidung) charakterisiert. Kinder mit ADS zeigten in allen Bereichen normale Leistungen.

sche und -funktionelle Merkmale im rechten Hörkortex sowie hörakustische Eigenschaften heraus, welche sich als spezifisch für ADHS, ADS und Legasthenie erwiesen. In der rechten Gehirnhälfte hatten nur Kinder mit LRS und ADHS vergrößerte PTs, ADS-Kinder hingegen keine anatomischen Auffälligkeiten.

Diagnostische Relevanz

Eine wesentliche Chance, die sich aus den neuen Forschungsergebnissen ergibt, liegt in einer objektiven gehirnbasierten (Früh-)Diagnostik von Lern- und Entwicklungsauffälligkeiten. Mittels der von uns gefundenen neuroanatomischen, neurofunktionellen und hörakustischen Marker gelang es mittlerweile, die vier untersuchten Gruppen (Unauffällig, Legasthenie, ADHS, ADS) mit einer außergewöhnlichen Sensitivität und Spezifität von z. T. über 90% korrekt zu identifizieren und voneinander abzugrenzen. Auf Wahrnehmungsebene zeigten sich entsprechende Unterschiede sowohl im Bereich der elementaren als auch der komplexen Hörverarbeitung: Probanden mit Lese-Rechtsschwäche waren sowohl durch elementare Defizite (Frequenz-, Tonlängen- und Tonrampenunterscheidung) als auch durch Schwierigkeiten bei komplexeren Aufgaben (Melodie- und Rhythmusunterscheidung, Grundton- bzw. Klangfarbenerkennung) charakterisiert, welche sich auch auf die sprachliche Ebene (Wahrnehmung von Phonemen, Vokalen, Silben) auswirkte. Probanden mit ADHS zeigen ausschließlich Schwierigkeiten bei der komplexen Hörerarbeitung und Kinder mit ADS wiesen keinerlei auditive Auffälligkeiten auf (Abbildung 2; Serrallach et al., in Begutachtung 2016).

Positive Effekte des Musizierens

Die Längsschnittauswertungen der im AMseL II-Projekt durchgeführten 3. Verlaufsmessung mit Kindern, die bereits im Rahmen des AMseL I-Projekts untersucht worden waren, zeigen neben den in der AMseL I-Studie genannten positiven Auswirkungen des Musizierens (Seither-Preisler, Parncutt und Schneider 2014; Schneider & Seither-Preisler 2015) weitere wichtige musizierbedingte Effekte:

Sowohl unauffällige als auch auffällige musizierende Kinder ließen nicht nur im Grundschulalter, sondern auch darüber hinaus eine signifikant schnellere Entwicklung auditorischer Funktionen erkennen. Konkret zeigte sich über die Zeit entsprechend dem natürlichen Entwicklungsverlauf eine zunehmend effizientere (d. h. schnellere) auditorische Informationsverarbeitung, welche bei musizierenden Kindern deutlicher ausgeprägt war als bei nicht musizierenden Kindern. Zudem kam es über die Zeit zu einer verstärkten Synchronisation links- und rechtshemisphärischer Funktionen, also einer zunehmend besseren Zusammenarbeit beider Gehirnhälften, wobei dieses Muster bei musizierenden Kindern ebenfalls deutlicher ausgeprägt war als bei nicht musizierenden Kindern.

Die mittels MEG gemessenen Laufzeitverschiebungen zwischen der rechten und linken Gehirnhälfte nahmen im Verlauf der mehrjährigen Erhebungen sowohl bei unauffälligen Kindern als auch bei den Kindern mit ADHS, ADS und LRS deutlich ab. Konkret wurden ab einem kumulativen Index der musikalischen Praxis (IMP; Übeaufwand in Wochenstunden * Jahre) von fünf (also z. B. fünf Std/Woche in einem Jahr oder eine Std/Woche über fünf Jahre) deutliche positive Veränderungen beobachtet. Es bestehen hochsignifikante Korrelationen zwischen IMP und dem Grad der über die Zeit zunehmenden Synchronisation beider Gehirnhemisphären, und zwar sowohl für die Gruppe entwicklungs- und lernauffälliger Kinder (Spearman's $\rho = 0.58$, $p = 0.0004$;

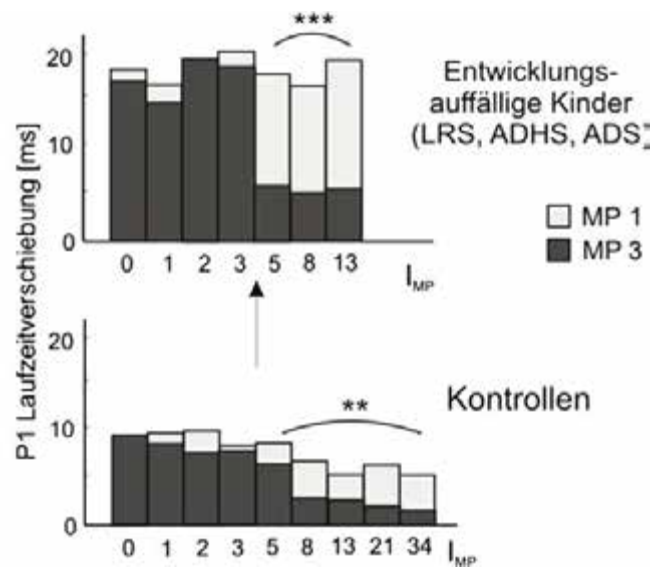


Abbildung 3: Längsschnittergebnisse zur Entwicklung der interhemisphärischen P1-Laufzeitverschiebung vom ersten (MP1; Alter: acht bis neun Jahre; helle Balken) bis zum dritten Messzeitpunkt (MP3; Alter ca. 12 Jahre; dunkle Balken) in Abhängigkeit vom musikalischen Übeverhalten (IMP: Index musikalischer Praxis).

Abbildung 3 oben) als auch für die Kontrollgruppe (Spearman's $\rho = 0.27$, $p = 0.009$; Abbildung 3 unten). Auch dies ist als Hinweis auf eine beschleunigte Gehirnentwicklung durch intensives Musizieren zu werten. Bei lern- und entwicklungs-auffälligen Kindern hat - bedingt durch eine höhere anfängliche Dysbalance in der links- und rechtshemisphärischen Aktivierung - musikalisches Training einen besonders positiven Einfluss auf die Gehirnentwicklung. Dies unterstreicht die hohe Bedeutung früher musikpädagogischer und -therapeutischer Interventionen für Kinder mit Legasthenie, ADHS und ADS. Das Ergebnis legt nahe, dass über die musikalische Domäne hinausgehende hemisphärenspezifische Funktionen (links: detailbezogenes, lineares Denken, rechts: ganzheitliches künstlerisch-kreatives Erleben) zunehmend miteinander vernetzt werden, was deutliche Vorteile bei der integrativen Informationsverarbeitung bieten sollte.

Neurokognitives Modell des musikalischen Lernens

Die Ergebnisse der AMseL-Studie führten zur Aufstellung eines neurokognitive Entwicklungsmodells des musikalischen Lernens (Seither-Preisler, Parncutt und Schneider 2014). Die Forschungsergebnisse belegen, dass es im Gehirn zuverlässige neuroanatomische Marker für musikalische Begabung gibt (makroskopisch ermittelte Größe und Form bestimmter Areale des Hörkortex), welche ihrerseits Einfluss auf das musikalische Lernverhalten nehmen. Solche morphologischen Merkmale, die auch bzgl. sprachlicher Fähigkeiten beschrieben wurden (Golestani et al. 2007, 2011; Zatorre 2013) liegen bereits vor dem Beginn des formalen Unterrichts vor. Aufgrund von Regressionsanalysen der Verlaufsdaten hat sich weiter bestätigt, dass die musikalische Übemotivation primär eine Funktion solcher neuroanatomischer Dispositionen ist, welche sich über den bisher beobachteten Entwicklungsverlauf (Grundschulalter bis zum Beginn der Pubertät) als äußerst stabil erwiesen haben. Aufgrund dieser Berechnungen konnte die Eigenmotivation zu musizieren (häusliche Übeintensität) etwa zu 60% durch neuroanatomisch vorgegebene Faktoren und zu 40% durch das mittels Fragebögen erhobene soziale Milieu ((a) Bildungsmilieu;

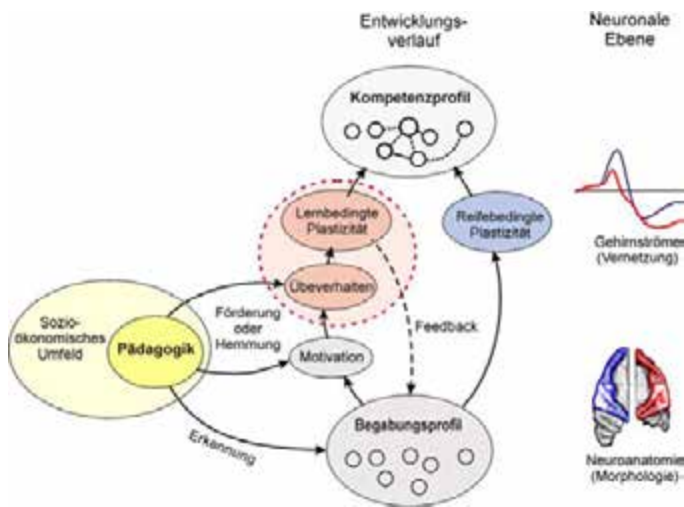


Abbildung 4: Neurokognitives Entwicklungsmodell des musikalischen Lernens

(b) Ressourcen (sozioökonomischer Hintergrund, Freizeitangebot, Eigentum des Kindes) vorhergesagt werden, was gut mit aktuellen genetischen Schätzungen zum Einfluss veranlagter Komponenten auf die musikalische Übertatung übereinstimmt (Butkovic et al. 2015; Hambrick et al. 2015). Anders als in bisherigen Begabungsmodellen (z. B. Gagné 2009; Heller & Hany 1996) wird in unserem neurokognitiven Modell die Motivation, welche die Intensität zielgerichteten Übens bestimmt, nicht als allgemeines Persönlichkeitsmerkmal, sondern domänen-spezifisch betrachtet, da sie selbst von der zugrunde liegenden Begabung in einem bestimmten Bereich abhängt (vgl. Winner 1996; Gembris 2013; McPherson 2015).

Die funktionellen MEG-Messungen, mit welchen die Gehirnaktivierung beim Hören musikalischer Klänge erfasst wurde, zeigten darüber hinaus eine reife- und trainingsbedingten Entwicklung der gemessenen auditorisch evozierten Felder. Dabei war erkennbar, dass zielgerichtetes Üben im Gehirn neuroplastische Vorgänge in Gang setzt und natürliche, dem Lebensalter entsprechende Reifeprozesse beschleunigt. Die vorliegenden Ergebnisse legen nahe, dass sich der Lernerfolg und das Ausmaß an Neuroplastizität direkt proportional zum veranlagten Potenzial verhalten. Als Konsequenz sollte es nicht so sehr darauf ankommen, alle Kinder bzw. Jugendlichen in gleicher Weise möglichst früh und intensiv zu trainieren, sondern eher darauf, das individuelle Begabungsprofil (musikalisch, bildnerisch, sprachlich etc.) zu erkennen und gezielt zu fördern. Dies stützt die bisherige Arbeitshypothese, dass es aus pädagogischer Sicht ratsam ist, im Unterricht bei Schülern dort anzusetzen, wo individuell die stärksten Begabungen erkennbar sind und davon auszugehen, dass defizitäre Bereiche (z. B. ADHS, ADS oder LRS) von dieser Förderung mit profitieren (Abbildung 4).

Zusammenfassung

Unabhängig vom Alter und der musikalischen Vorerfahrung zeigen sowohl Profimusiker als auch Nichtmusiker bemerkenswerte interindividuelle Unterschiede in der elementaren Hörverarbeitung, der subjektiven Klangwahrnehmung sowie deren Verarbeitung im Gehirn. Professionelle Musiker zeigen deutlich synchronere und weiträumigere Aktivierungen, was darauf schließen lässt, dass sie Musik intensiver und multimodaler erleben als Nichtmusiker. Umgekehrt zeigen

die bisherigen Langzeitstudien mit Kindern und Jugendlichen, dass entwicklungs- und lernauffällige Probanden besonders asynchrone Gehirnaktivierungen aufweisen, die mit einer verminderten Rhythmuswahrnehmung (Legasthenie, ADHS) und (schrift-)sprachlichen Problemen (Legasthenie) einhergehen. Die aktuellen Längsschnittergebnisse zeigen zudem, dass sich die Gehirnaktivität durch längerfristiges aktives Musizieren weitgehend normalisiert, hier also neuronaler Transfer stattfindet. Sowohl unauffällige als auch auffällige musizierende Kinder ließen auf Ebene des Gehirns und Verhaltens eine signifikant schnellere Entwicklung auditorischer Funktionen erkennen als nicht musizierende Kinder. Bei Kindern mit Legasthenie, ADHS oder ADS normalisierten sich im Zeitverlauf durch das Musizieren anormale Hemisphärenasymmetrien in der auditorischen Verarbeitung. Zudem gelang es mittels der von uns identifizierten neuroanatomischen, neurofunktionellen und hörakustischen Marker, Probanden mit ADHS, ADS und LRS mit außergewöhnlichen Sensitivitäten und Spezifitäten von z. T. über 90 % korrekt zu identifizieren und voneinander abzugrenzen. Dies zeigt, dass unsere neu entwickelten Forschungsmethoden und bisher erzielten Ergebnisse ein hohes diagnostisches und therapeutisches Anwendungspotenzial bieten, welches bislang noch nicht genutzt wurde. In Zukunft könnte dieses Wissen der steigenden Zahl von Kindern und Jugendlichen mit Lern- und Entwicklungsauffälligkeiten (in Industrienationen sind etwa 10 % von ADHS, ADS oder Legasthenie betroffenen) zu Gute kommen und so helfen, den Leidensdruck in Familie und Schule erheblich zu mindern.

Literatur

- Butkovic A, Ullén F, Mosing MA (2015) Personality related traits as predictors of music practice: underlying environmental and genetic influences. *Personality and Individual Differences*, 74, S. 133–138
- Gagné F (2009) Building gifts into talents: Detailed overview of the DMGT 2.0. In B. MacFarlane & T. Stambaugh (Hrsg.), *Leading change in gifted education: The Festschrift of Dr. Joyce VanTassel-Baska*. Waco, TX: Prufrock Press
- Gembris H (2013) *Grundlagen musikalischer Begabung und Entwicklung*. 4., unveränd. Aufl. Augsburg: Wißner (Reihe Wißner-Lehrbuch, Bd. 1)
- Golestani N, Molko N, Dehaene S, LeBihan D, Pallier C (2007) Brain structure predicts the learning of foreign speech sounds. *Cerebral Cortex*, 17 (3), S. 575–582
- Golestani N, Price CJ, Scott SK (2011) Born with an ear for dialects? Structural plasticity in the expert phonetician brain. *The Journal of Neuroscience*, 31 (11), S. 4213–4220
- Gordon E (1986) *Intermediate Measures of Music Audiation*. GIA Publications
- Hambrick DZ, Tucker-Drob EM (2015) The genetics of music accomplishment: Evidence for gene-environment correlation and interaction. *Psychonomic Bulletin & Review*, 22 (1), S. 112–120
- Heller KA, Hany EA (1996) *Psychologische Modelle der Hochbegabtenförderung. Psychologie des Lernens und der Instruktion*, Bd. 2, S. 477–513
- Heschl RL (1878) *Über die vordere quere Schläfenwindung*, Dissertation, Wien
- Huss M, Verney JP, Fosker T, Mead N, Goswami U (2011) Music, rhythm, rise time perception and developmental dyslexia: Perception of musical meter predicts reading and phonology. *Cortex* 47: S. 674–689
- Hyde KL, Peretz I, Zatorre RJ (2008) Evidence for the role of the right auditory cortex in fine pitch resolution. *Neuropsychologia*, 46, S. 632–639
- Jäncke L (2008) *Macht Musik schlau? Neue Erkenntnisse aus den Neurowissenschaften und der kognitiven Psychologie*. Verlag Hans Huber
- McPherson GE, Willmann A (2015) Building gifts into musical talents. *The child as musician: A handbook of musical development*, S. 340–360
- Pantev C, Roberts LE, Schulz M, Engelien A, Ross B (2001) Timbre-specific enhancement of auditory cortical representations in musicians. *Neuroreport* 12, S. 169–174
- Pitt MA (1994) Perception of pitch and timbre by musically trained and untrained listeners. *J. Exp. Psychol.: Hum. Percept. Perform.*, 20 (5), S. 976–986
- Schneider P, Sluming V, Roberts N, Scherg M, Goebel R, Specht HJ et al. (2005) Structural and functional asymmetry of lateral Heschl's gyrus reflects pitch perception preference. *Nat Neurosci*, 8 (9), S. 1241–1247
- Schneider P, Seither-Preisler A (2015) Neurokognitive Korrelate von JeKi-bezogenen und außerschulischem Musizieren. In: *Instrumentalunterricht in der Grundschule: Prozess- und Wirkungsanalyse zum Programm Jedem Kind ein Instrument*. Bildungsforschung Band 41, Ed.: Ulrike Kranefeld (Bundesministerium für Bildung und Forschung, Berlin). S. 19–39
- Seither-Preisler A, Johnson L, Krumbholz K, Nobbe A, Patterson RD, Seither S, Lütkenhöner B (2007) Tone sequences with conflicting fundamental pitch and timbre changes are heard

- differently by musicians and non-musicians. *J. Exp. Psychol.: Hum. Percept. Perform.*, 33 (3), S. 743–751
- Seither-Preisler A, Johnson L, Seither S, Lütkenhöner B (2008) The perception of dual aspect tone sequences changes with stimulus exposure. *Brain Research Journal*, 2 (3), S. 125–148
- Seither-Preisler A, Parncutt R, Schneider P (2014). Size and synchronization of auditory cortex promotes musical, literacy and attentional skills in children. *J Neurosci*, 34 (33), S. 10937–10949
- Seither-Preisler A, Schneider P (2015) Neurokognitive Aspekte musikalischer Begabung. In: *Der musikalische Mensch*. Eds: W. Gruhn & A. Seither-Preisler, Olms-Verlag, Hildesheim (329–356)
- Seither-Preisler A, Schneider P (2015) Positive Effekte des Musizierens auf Wahrnehmung und Kognition aus neurowissenschaftlicher Perspektive. In: *Musik in der Medizin* (Ed. G. Bernatzky und G. Kreutz, Springer-Verlag Wien). S. 375–394
- Serrallach B, Groß C, Bernhofs V, Engelmann D, Benner J, Gündert N, Blatow M, Wengenroth M, Seitz A, Brunner M, Seither S, Parncutt R, Seither-Preisler A, Schneider P (2016) Neural biomarkers for dyslexia, ADHD and ADD in the auditory cortex of children (in Begutachtung)
- Sutcliffe P, Bishop D (2005) Psychophysical design influences frequency discrimination performance in young children. *J Exp Child Psychol* 91: S. 249–270
- von Helmholtz H (1863) *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik* (Vieweg, Braunschweig)
- Warrier C, Wong P, Penhune V, Zatorre R, Parrish T, Abrams D, Kraus N (2009) Relating structure to function: Heschl's gyrus and acoustic processing. *J. Neurosci* 29, S. 61–69
- Wengenroth M, Blatow M, Heinecke A, Reinhardt J, Stippich C, Hofmann E, Schneider P (2013). Increased volume and function of right auditory cortex as a marker for absolute pitch. *Cerebral Cortex*, bhs 391
- Winner E (1996) The rage to master: The decisive role of talents in the visual arts. In KA Ericsson (Ed.), *The road to excellence. The acquisition of expert performance in the arts and sciences, sports, and games* (271–301). Mahwah, NJ: Erlbaum
- Zatorre RJ, Belin P (2001) Spectral and temporal processing in human auditory cortex, *Cereb Cortex* 11, S. 946–953
- Zatorre RJ (2013) Predispositions and plasticity in music and speech learning: neural correlates and implications. *Science*, 342 (6158), S. 585–589

Hearing instrument technology: Which hearing problems are we not addressing yet?



*Stefan Launer,
Sonova AG, Stäfa, Switzerland*

Introduction

Basic physiological and psychoacoustic research two decades ago fundamentally altered our understanding of the underlying mechanisms of normal hearing and, even more so, impaired hearing. A major focus of research was on the physiological and psychoacoustical understanding of the mechanics of the inner ear in the healthy and impaired ear. In particular the detailed role of inner and outer hair cell mechanics received a lot of attention and served as a basis for explaining a lot of perceptual findings in both normal hearing and hearing impaired subjects. This research inspired and drove the conception and development of many new signal processing algorithms for hearing instruments. The introduction and fast development of microelectronics into hearing instrument technology allowed us to introduce a large variety of these different features aiming at improving speech intelligibility and hearing comfort in a variety and broad range of different listening conditions. In order to simplify the selection of optimal settings, modern hearing instruments use a function which allows them to automatically identify an acoustic scene and then to automatically select the optimal signal processing strategy for that scene.

In this paper I want to discuss research needs at different levels of auditory processing that could potentially help us to further improve auditory rehabilitation with hearing instruments.

It is remarkable how quickly the auditory system is able to identify and classify a sound into either being speech, music or environmental sounds. A better understanding of the underlying mechanisms could help us to improve the performance of hearing instruments for a) speech intelligibility in reverberant environments and b) identifying acoustic environments. One of the most remarkable abilities of the auditory system is the segregation of a mixture of sounds into different auditory objects in a variety of listening conditions including reverberant conditions. Today's hearing instruments are capable of improving speech intelligibility in many situations including those with multiple interfering sources. However, performance significantly breaks down once the environment becomes reverberant. The auditory system has a remarkable ability to also perform well even in

highly dynamic and reverberant situations. Which features does it rely on that are robust against the impact of the transmission path? Understanding how the auditory system performs this function could inform the design of hearing aid processing for people with hearing loss who suffer in these environments.

Finally, auditory perception extends beyond the pure intelligibility of speech in various listening conditions. In daily communication situations, speech sounds do not only convey information about the content but also include information about the speaker's emotional state or intent. Evidence suggests that people with hearing loss have a poorer ability to identify this information. How hearing loss affects identification of emotion and intent, and the way in which hearing aids affect the reception of this information, is important to understand.

Hearing instrument technology has improved over the past two decades and significantly improves the lives of hearing impaired people. The objective of this paper is to present and discuss the author's perspective on various topics of potential research in the field of impaired auditory perception and communication which might help to further improve the quality of life of hearing impaired persons.

The world has truly become digital – the size of microelectronics has shrunk and the computational capacity of digital microelectronics has doubled nearly every two years pretty precisely following what is called “Moore's law of microelectronics”. Modern hearing instruments have turned into intelligent systems offering a range of specific algorithms or algorithmic settings for addressing the specific listening and communication needs of the different acoustic environments. From the author's perspective the major performance improvement that has taken place over the past two decades stems from two lines of innovation: Firstly, the focus of attention has broadened, i. e. improving speech intelligibility in complex listening environments still is a major driver of innovation but not the only driver anymore. Other aspects, such as sound quality improvement, reducing the occurrence of acoustic artefacts and making the devices sound natural and authentic, have become important design aspects and criteria too. Hearing instruments have to function in everyday life situations, not only for improving speech intelligibility in quiet or noisy environments. Sound scenes constantly change and evolve over time. Hearing instruments have to provide optimal benefit and good sound quality throughout the very dynamically changing listening environments. Modern DSP platforms provide the computational power to implement new functionality such as e.g. frequency lowering techniques, impulse noise cancellers, adaptive directional microphones, addressing a broadened range of unmet listening needs in various different acoustic environments. Secondly, besides the addition of new functionality, the systems integration or system design aspects are far better understood and taken into consideration when designing, implementing and parameterizing signal processing algorithms. Many of the multiple adaptive algorithms can influence and counter-

act each other, e.g. noise cancelling algorithms and amplification schemes or amplification schemes and algorithms for control of acoustic feedback. Improvements in the system design include also a better understanding of e.g. the mechanical design aspects of hearing instruments on algorithmic performance. Most of the algorithms available today in modern hearing instruments can be adjusted and specifically parameterized to adapt their efficacy to different listening conditions; e.g. a feedback canceller might be set totally differently in a setting designed for optimal communication in quiet surroundings from a setting designed for enjoying music.

Finally, a crucial aspect of signal processing algorithms is how to assess their performance and patient benefit in real life environments. Assessments have to include objective and subjective patient benefit on dimensions such as speech intelligibility and sound quality as well as technical measures for quantifying technical performance aspects.

Taken together, modern hearing instruments have become intelligent systems offering a portfolio of different algorithmic solutions optimized for different listening and communication environments and listening and communication needs. For a recent review on aspects of signal processing in hearing instruments see Dillon (2012) or Launer et al (2016).

Signal Processing in Hearing Instruments

Figure 1 depicts an overview over the various types of signal processing algorithms available in modern digital hearing instruments. After sound pick-up and AD-conversion the discrete time domain signal is analyzed spectrally either using a time-domain filtering process or a transformation into the frequency-domain. The trade-off to be made at this point in time is between not adding too much signal

delay in the transmission path and offering sufficient spectral resolution for the following signal processing algorithms.

Subsequent algorithms can be broadly classified according to their functionality into algorithms performing

- Sound cleaning incl. reduction of artifacts eg acoustic feedback and interfering sounds such as stationary or non-stationary interfering sounds,
- Environment classification for automatically controlling the optimal setting of a hearing instrument for a given listening and communication environment,
- Audibility and loudness for amplifying a sound to match the specific individual hearing profile and preferences of a hearing impaired person including compressive amplification schemes and frequency lowering techniques.

For each class of environment, a portfolio of different solutions exists. No single algorithm can provide optimal performance in the vast range of daily listening environments. Algorithms usually are built on specific assumptions about the listening situation and signal to be processed.

One caveat of the current approach of environment identification is that the systems should actually not identify the “scene” but the listening target or hearing activity in the respective scene. This often times is ambiguous as the in the same scene one might have different listening targets at different times. For example in a bar with music playing, one night a person might be listening to the music while the next night might engage in conversations. Technically it is very difficult to distinguish both situations, the system can only make a guess based on the scene. Basically this requires a certain

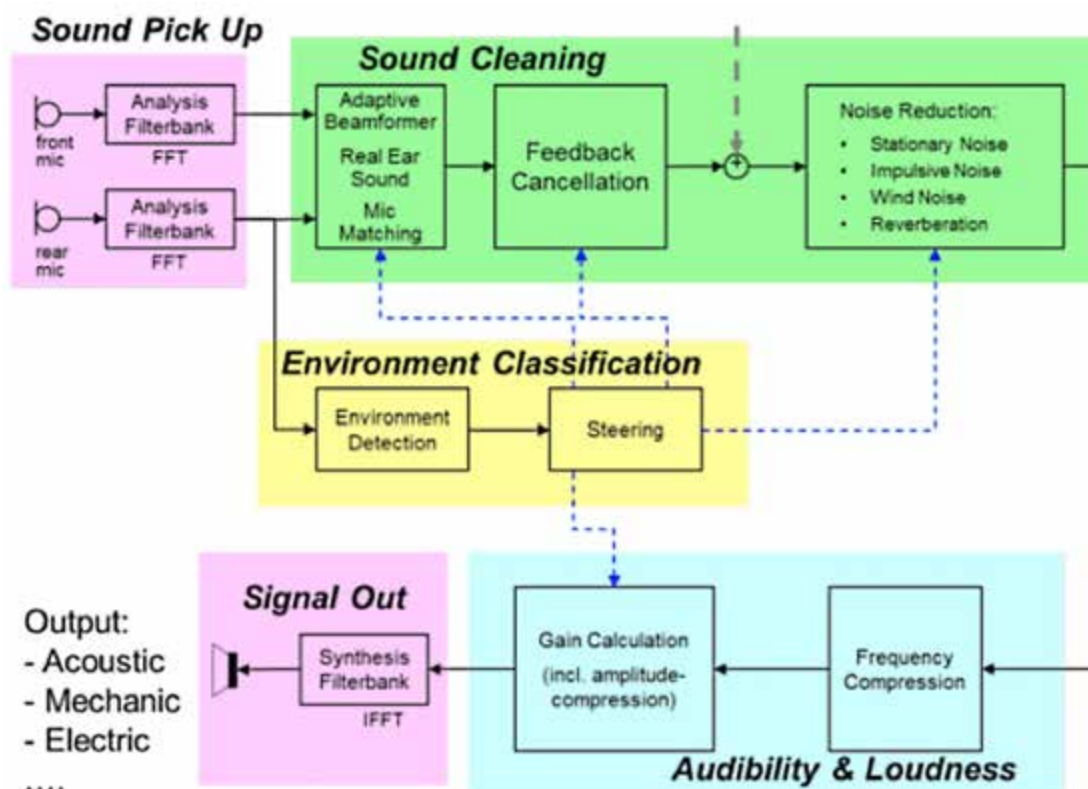


Figure 1: Generic signal processing scheme of a modern digital hearing instrument

amount of counselling by the hearing health care practitioner and also user interfaces which allow the hearing impaired person to override the automatic functionality. Furthermore, the environment control function or automatic, operates on a "several seconds" time base, i. e. reacts rather slowly compared to how fast the auditory system is capable of identifying sounds which probably takes only few 10s or 100s of milliseconds. The question arises as to how does the auditory system so quickly and reliably identify and categorize sound sources, which features does it use?

One of the most challenging situations for hearing impaired subjects is the segregation of a target speech sound in a challenging listening condition. Usually the term "speech in noise" was used for those types of conditions but from the author's perspective it fails to reflect the huge variability in terms of physical characteristics of different "speech in noise" conditions as encountered in daily life listening and communication situations. The variability is due to differences in the physical characteristics of interfering sounds or the acoustical characteristics of the environment, e. g. stationary versus fluctuating background sounds, wind noise, spatial distribution of interfering sounds relative to the target speech signal, and finally distance and amount of reverberation. Due to this variability of listening environments no single optimal noise reduction algorithm exists but a portfolio of algorithms has to be used to provide optimal benefit in different listening conditions. This section will outline the various algorithms as applied today.

Speech intelligibility improvement in complex listening environments

The most successful approach that is applied today is probably the use of directional microphones to segregate target speech from spatially separated interfering sounds. Hearing instruments often have two omni-directional microphones built in each housing. By a simple "delay and sum" combination of these two microphones one can create a "beam pattern" that points in a specific, usually frontal, direction. This way, target signals from the direction where the beam points towards will be transmitted while at the same time sounds from the side or rear of the hearing instrument wearer will be suppressed. Depending on the specifics of how the two microphones are being combined different beam pattern can be generated. Various ways for implementing beamformers have been implemented (Elko & Meyer 2008).

An extension of the monaural beamformers is to combine the four microphones of two bilaterally worn hearing instruments to form a four microphone directional system. Several studies have shown that such an approach can further improve the performance of monaural directional microphones in terms of speech intelligibility as well as in terms of listening effort (Launer et al 2016).

Directional microphones, despite being very beneficial for the hearing impaired subjects, also bear some caveats. One simply is that rely on the assumption that target speech is always in front – which not necessarily is always correct. In conditions where the target signal is not in front of a hearing impaired person but e. g. to the side or even in the back (e. g. in a car) the application of directional microphones would not provide benefit to the hearing impaired subject. Furthermore, the target might not be static but move dynamically around for example in a lively diner discussion around a table. A further important point to consider is the placement of the microphone array on

the ear. Optimal beamforming can be achieved by assuring that the microphones are really well aligned, well matched and point to the front. Tilting the direction towards the ceiling, e. g. by positioning a BTE too far behind the pinna, significantly reduces the amount directivity which can be achieved with a directional microphone.

In rooms, depending on their size, many transmission paths exist between a target source and a listener due to reflections of the sound from floors, walls, windows, ceilings and furniture in the room. Moderate to strong reverberation, as they occur in large rooms, staircases or long hallways, can have a severe impact on the ability of both normal-hearing and hearing-impaired listeners to perceive speech (Beutelmann & Brand 2006). Further, the performance of beamformers typically worsens with increasing distance between target and listener and increasing amount of reverberation (Ricketts & Hornsby 2003). "De-reverberation" is a computationally complex problem because, for each ear signal it is necessary to estimate two highly dynamic signals, the source signal, typically speech, and the room impulse response, which varies as the source and listener move. Most current approaches to de-reverberation are too complex to implement in hearing aids and involve time delays that would be unacceptable for hearing aids (Launer et al 2016).

Today's hearing instruments have not been optimally designed for highly dynamic listening environments and cannot appropriately take the dynamics, especially occurring in rooms, different directions, different distances, dynamic movements, into consideration. For hearing instruments, the huge variability and dynamics of daily listening environments can put some limitations to the performance in realistic environments. In contrast, despite huge variations in source pattern and transmission path, human listeners manage to maintain a rather stable percept of the auditory world: "Perceptual constancy" is a remarkable and very fundamental capability of our perceptual system which has been best researched for the visual system (color constancy, size constancy) and fairly well research for speech (phonemic) perception e. g. speaker rate variability, phoneme boundaries. It has been shown that this constancy mechanism helps the auditory system to better extract information in complex listening environments and to improve speech intelligibility in adverse listening situations (Laing et al. 2012).

From the author's perspective it is a remarkable ability which has not been sufficiently researched. The question arises what we could potentially learn from the auditory system and how it maintains a stable percept «Perceptual Constancy» under varying conditions for the algorithmic design of hearing instruments especially when it comes to processing sounds. It would be interesting to explore whether the auditory system extracts features which are robust against e. g. reverberation or whether it just uses the brains massive computational power to resolve the complex de-reverberation problem.

Today's focus in hearing instrument technology is very much focused on improving "speech in noise". This terminology should be changed to "speech in adverse listening conditions" to take the vast differences – and thus requirements in terms of solutions – between different listening and communication situations into consideration. Furthermore, the major approach for assessing the performance of hearing instruments often is focused mainly on measures of speech intelligibility in different artificial listening environments. Often times, when applying these measures, algorithms show small differences in performance only. Other approaches, including test that measure listen-

ing effort or attention might be more sensitive and show differences between algorithms which have been difficult to quantify otherwise (Sarampalis 2009).

Further aspects beyond hearing and speech intelligibility

In recent years interest in the correlation of hearing loss/speech intelligibility with other aspects of cognitive function has increased and gained substantial interest. In a study by Lin et al (2013), it was concluded that hearing loss might be directly correlated with the occurrence of dementia. Whether or not hearing instruments help with slowing down cognitive decline is still an unresolved question and needs further investigations – however, a recent study by Amieva et al (2015) shows that hearing instruments actually might support the slowing down of cognitive decline.

Various studies (Rance et al. 2014), addressed the question whether autistic children, which usually have problems with speech intelligibility in adverse listening conditions, might benefit from modern hearing instrument and especially wireless technology. Other correlations between hearing/speech intelligibility problems and cognitive functions include Attention-Deficit-Hyperactivity Disorders and also Language Disorders (Schafer et al. 2013, Sharma et al. 2012). The studies indicate that i) comorbidities between hearing difficulties and other cognitive functions might exist; ii) the hearing instrument technology or assistive listening devices can be beneficial to different groups.

Finally, we should focus our attention also on other aspects of language and speech communication than pure intelligibility aspects. Hearing is the “social sense” as it socially connects people with each other through language communication. This communication entails two different aspects. On the one hand it includes the content of the message as reflected in speech intelligibility. On the other hand it also includes rich information about the emotional state a person is in. The intonation pattern of the speech sound entails a lot of information besides the pure content. Human listeners can easily tell whether a person is in a happy, sad, excited, angry or any other emotional state or being ironic or sarcastic.

Today it is reasonably well understood which acoustic features – or combination of features – encodes which emotional state (Hammerschmidt & Jürgens 2007). Body language and facial expression are very important too, but especially for strong emotions and when visual contact is possible. Vocal expression of emotions is closely tied to basic acoustic parameters and relies on the psychoacoustic ability to extract these acoustic parameters. It is well known that hearing impaired people have significantly reduced psychoacoustic resolution so the question arises what the impact of hearing impairment is on the ability to perceive and express emotions? To this date, very few studies have looked into i) how hearing impaired subjects manage to extract this information from a communication partner; ii) what the impact of hearing instrument signal processing on the identification of emotional pattern is. Based on our knowledge of the perceptual consequences of hearing loss the author’s hypothesis is that auditory perception (and vocal expression) of vocal or musical emotions might be negatively impacted by (sensorineural) hearing loss because the basic psychoacoustic information might not be accessible by hearing impaired people. Is it a problem in daily life for hearing impaired people? The few studies that have been published clearly point in the direction that people suffering from sensorineural hearing loss

might suffer from reduced ability to identify prosodic/emotional information content (Ludlow et al. 2010, Chatterjee et al. 2015, Dupuis & Pichora-Fuller 2014). In a recent series of unpublished studies including a specifically designed questionnaire but also controlled laboratory studies conducted by G. Singh, F Russo and their students found that when listening to affective speech, hearing-impaired listeners report: (i) handicap with identifying emotional content of speech which also partially leads to difficulties with social interactions and social isolation. Perception of emotions is a vital part of our daily communication. Thus this topic needs further attention and research looking into how to optimize hearing instrument signal processing in order provide the hearing impaired listener with the ability to perceive affective content of speech sounds.

Overall, signal processing performance has significantly increased over the past decades. It is now important to also explore research questions beyond speech intelligibility by counting how many words in a list have been understood, ie to address other aspects of speech and language perception in daily life communication.

Literature

- Amieva H, Ouvrand C, Giulioli C, Rullier L, Dartigues JF (2015) Self-Reported Hearing Loss, Hearing Aids, and Cognitive Decline in Elderly Adults: A 25-Year Study, *Journal of the American Geriatrics Society*, 63, p. 2099–2104
- Beutelmann R, Brand T (2006) Prediction of speech intelligibility in spatial noise and reverberation for normal-hearing and hearing-impaired listeners. *Journal of the Acoustical Society of America*, 120, p. 331–342
- Chatterjee M, Zion DJ, Deroche ML, Burianek BA, Limb CJ, Goren AP, Kulkarni AM, Christensen JA (2015) Voice emotion recognition by cochlear-implanted children and their normally-hearing peers. *Hearing Research*, 322, p. 151–162
- Dillon H (2012) *Hearing Aids*, 2nd Ed. Turrumurra, Australia: Boomerang Press
- Dupuis K, Pichora-Fuller K (2014) Intelligibility of Emotional Speech in Younger and Older Adults, *Ear and Hearing*, 35, p. 695–707
- Hammerschmidt K, Jürgens U (2007) Acoustical correlates of affective prosody, *J Voice*, 21, p. 531–540
- Laing E, Liu A, Lotto A, Holt L (2012) Tuned with a tune: talker normalization via general auditory processing. *Frontiers in Neuroscience* 3, p. 1–9
- Launer S, Zakis J, Moore BCJM (2016) Signal processing in hearing instruments. In: *Spinger Handbook in Auditory Research: Hearing Aids*, Springer, Eds: Moore BCJM, Popelka G
- Lin FR, Yaffe K, Xia J, Qian-Li X, Harris TB, Purchase-Helzner E, Satterfield S, Ayonayon H, Ferrucci L, Simonsick E (2013) Hearing Loss and Cognitive Decline in Older Adults, *JAMA Intern Med*. 2013; 173 (4), p. 293–299
- Ludlow A, Heaton P, Rosset D, Hills P, Deruelle D (2010) Emotion recognition in children with profound and severe deafness: Do they have a deficit in perceptual processing? *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 32:9, p. 923–928
- Magnusson L, Claesson A, Persson M, Tengstrand T (2013) Speech recognition in noise using bilateral open-fit hearing aids: the limited benefit of directional microphones and noise reduction. *International Journal of Audiology*, 52, p. 2936
- Rance G, Saunders K, Carew P, Johansson M, Tan J (2014) The Use of Listening Devices to Ameliorate Auditory Deficit in Children with Autism, *The Journal of Pediatrics*, 164, p. 352–357
- Ricketts TA (2001) Directional hearing aids. *Trends in Amplification*, 5, p. 139–176
- Ricketts TA, Hornsby BW (2003) Distance and reverberation effects on directional benefit. *Ear and Hearing*, 24, p. 472–484
- Sarampalis A, Kalluri S, Edwards BW, Hafter ER (2009) Objective measures of listening effort: effects of background noise and noise reduction. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 52, p. 1230–1240
- Schafer EC, Mathews L, Mehta S, Hill M, Munoz A, Bishop R (2013) Personal FM systems for children with autism spectrum disorders (ASD) and/or attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD): an initial investigation. *J Commun Disord*. 46, p. 30–52
- Sharma M, Purdy S, Kelly A (2012) A randomized control trial of interventions in school-aged children with auditory processing disorders, *Int J Audiology*, 51, p. 506–518

Herausforderungen bei der Hörgeräteanpassung im Kindesalter



Annette Limberger,
Hochschule Aalen

Die Herausforderungen, die sich im Rahmen einer Hörsystemversorgung im Kindesalter ergeben, gliedern sich in mehrere Bereiche:

- die Diagnostik
- die Anpassung von Hörsystemen
- die Verifikation und
- die Validierung

Diagnostik

Die ersten Hürden sind bei der Diagnostik zu nehmen. Es ist nachvollziehbar, dass eine gute, möglichst genaue Diagnose zu einer genaueren Hörsystemanpassung führt. Jedoch stößt man in der Praxis häufig an Grenzen. Beim Neugeborenen-Hörscreening werden bei sogenannten „Well-Babys“ zunächst nur TEOAE gemessen. Diese geben jedoch lediglich Aufschluss über die Funktionsfähigkeit des cochleären Verstärkers, also der äußeren Haarzellen. Zudem kommt es in der Praxis immer wieder vor, dass nur ein Ohr geprüft wird bzw. bei „pass“ eines Ohres und „refer“ des anderen Ohres keine Nachuntersuchung durchgeführt wird.

Es muss daher Ziel sein, diese Messungen entsprechend der Vorgaben der „Kinder-Richtlinien“ (Neugeborenen-Hörscreening) durchzuführen (Bundesausschuss der Ärzte und Krankenkassen 2011). Die nächste Stufe der Diagnostik nach einem auffälligen Neugeborenen-Hörscreening ist die Messung der frühen akustisch evozierten Potenziale mit Hilfe der BERA. In der Praxis sind schlechte Messbedingungen, wie ein unruhiger oder zu kurzer Schlaf, schlecht sitzende Wandler und störende elektromagnetische Einflüsse, häufige Ursachen für unzureichende Ergebnisse. Es kommt auch immer wieder vor, dass keine frequenzspezifischen Messungen gemacht werden, welche bei einem auffälligen Befund in der Klick-evozierten BERA zwingend notwendig sind. Eine valide Hörsystemanpassung ist auf Grundlage eines einzigen Klick-evozierten Wertes, einer Potenzialschwelle, nicht möglich. Eine gute Möglichkeit, welche auch zeitlich in vertretbarem Rahmen möglich ist, bietet die Chirp- oder noch besser eine Multifrequenz-BERA (Bargen 2015).

Weitere Ursachen, warum die Hörsystemanpassung mit Hilfe der BERA-Messung nur eingeschränkt möglich ist, sind die Ausgabewerte,

welche an den Pädakustiker gehen. Es zeigt sich in der Praxis immer wieder, dass nicht bekannt ist, welche Werte die BERA nun anzeigt. Gemessen wird immer in dB SPL, d. h. dem physikalischen Schalldruckpegel, umgerechnet in dB. Der physikalische Schalldruckpegel entspricht nicht unserer in dB HL gemessenen Hörschwelle. Hier wurde eine Modifikation durchgeführt, angelehnt an Messungen von hörgesunden Jugendlichen. Die Audiometer sind so geeicht, dass ein Ton gerade dann hörbar wird, wenn er 0 dB laut ist, dies entspricht jedoch nicht dem Schalldruckpegel. Insbesondere in den tieferen Frequenzen unterhalb von 500 Hz liefert der Wandler einen höheren Schalldruckpegel in dB SPL, was dann aber an der Hörschwelle 0 dB HL entspricht. Die BERA misst nun immer in dB SPL und die meisten heute im Gebrauch stehenden Geräte rechnen diesen Wert in dB HL um. Um hier eine Unterscheidung zu haben, wird dieser Pegel nun als dB nHL bezeichnet (n = normalized). Dieser Wert wiederum hat nur indirekt etwas mit der Hörschwelle zu tun, es handelt sich um eine Potenzialschwelle. Die Hörschwelle muss aus den Potenzialschwellen geschätzt werden. Die sicherste Schätzung erfolgt, wenn der Untersucher seine Umrechnungswerte selbst ermittelt. Dazu werden bei ca. 20 bis 25 normalhörenden Personen die Potentialschwellen für sowohl Klick-evozierte als auch frequenzspezifische BERA-Messungen ermittelt werden, anschließend werden die tonaudiometrischen Schwellen ermittelt. Die Differenz ergibt den Umrechnungsfaktor von dB nHL zu dB eHL (e = estimated = geschätzt). Häufig werden die Umrechnungsfaktoren von Bagatto et al. verwendet, welche sich auf Tone-Bursts beziehen und nicht ohne Weiteres auf eine frequenzspezifische Messung z. B. mit Chirp-Signalen übertragen werden können (Bagatto et al. 2005). Auch aus diesem Grund ist die Ermittlung gerätespezifischer Umrechnungswerte sinnvoll.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist der Luftleitungswandler. Insbesondere bei Messungen mit Kindern ist es nicht unerheblich, welcher Wandler verwendet wird. Viele Kopfhörer sind nicht für Kinderköpfe konzipiert. Auf dem deutschen Markt hat sich hier bisher lediglich der Kopfhörer AT1350 (beyerdynamic) etabliert (www.auritec.de). Um einen guten Sitz zu ermöglichen, wird für die Kinderaudiometrie zur Prüfung der Luftleitungsschwellen ein Einsteckhörer empfohlen. Dieser Hörer garantiert für Kinder einen guten Sitz, ohne dass er immer wieder vom Kopf rutscht, außerdem kann er mit Hilfe der individuellen Otoplastik verwendet werden, was bei schwerhörigen Kindern die Arbeit deutlich erleichtert (Wiesner et al. 2012).

Zur Komplettierung der pädaudiologischen Diagnostik gehört eine Tympanometrie, welche elementarer Bestandteil sein sollte. Insbesondere bei Kindern mit einer Hörschädigung ist bei jedem Besuch sowohl in der Klinik als auch beim Akustiker ein Tympanogramm notwendig. Ändert sich der Mittelohrstatus, so ist die RECD-Messung und die Anpassung des Hörsystems an den veränderten Mittelohrstatus anzupassen. Neuere Methoden, wie die Breitband-Tympanometrie, geben in Zukunft hoffentlich noch mehr und genauer Auskunft über die Veränderungen im Mittelohr (Wiesner et al. 2012).

Die subjektive Diagnostik stellt, trotz aller objektiven Verfahren, weiterhin einen wichtigen Eckpfeiler der pädaudiologischen Diagnostik dar. Vor allem die visuelle Ablenkaudiometrie (= VRA = Visual Reinforcement Audiometry) liefert, bei guter Konditionierung, schwellennahe Werte, welche für die Hörsystemanpassung herangezogen werden können. Es ist daher die Mühe wert, schon ab einem Alter von ca. sechs bis sieben Monaten mit der Konditionierung für eine VRA zu beginnen. Ein weiterer Vorteil der VRA ist, dass Werte über einen größeren Frequenzbereich bestimmt werden können. Diese Testmethode kann ebenfalls mit Einsteckhörern (entweder mit Schaumstoffstöpseln oder individueller Otoplastik) durchgeführt werden und liefert so direkt Werte in dB SPL für die Hörsystemanpassung.

Anpassung von Hörsystemen

Zunächst erfolgt die Abformung des äußeren Ohres. Dies ist im Kindesalter schon eine große Herausforderung. Je nach Alter des Kindes ist seine Abwehr mehr oder weniger stark. In der Praxis zeigt sich immer wieder, dass die Ohrpassstücke von Kindern welche aus weichem Silikon gefertigt sind, nicht passgenau in das Ohr passen. Die Ursache hierfür ist schon oft im Abformmaterial zu suchen. Häufig werden eher visköse Materialien verwendet, die mit entsprechendem Druck ins Ohr eingebracht werden müssen, es sollten hier Materialien mit niedriger Viskosität verwendet werden, um das Ohr lediglich abzuformen, ohne Druck auszuüben. Wurde die Abformung schon mit zu viel Druck gefertigt, resultiert daraus ein Ohrpassstück, welches etwas zu groß ist für das Ohr, die Folge ist, dass sich das Ohr an die Otoplastik anpasst und mit der Zeit immer größer wird. Die Otoplastik wird schneller undicht, was mit heutiger Rückkopplungsauflösung nicht mehr zur Rückkopplung führt, jedoch zu einem Verlust von Verstärkung. Daher sollte die Dichtigkeit der Otoplastik regelmäßig, entweder mit Druckmessgeräten oder über eine In-situ-Messung, überprüft werden.

Bei der Auswahl des Hörsystems stehen die Wahl der notwendigen Verstärkung und Kompression deutlich im Vordergrund. Bei den heutigen Systemen ist jedoch auch zu überlegen, von welchen Features Kinder profitieren können. So kann zum Beispiel eine Störgeräuschunterdrückung sehr hilfreich sein, da Kinder einen besseren Signal-Rausch-Abstand benötigen, um Sprache gut zu verstehen. Es sei hier auch angemerkt, dass Störgeräuschunterdrückungen nicht das Störgeräusch gänzlich auslöschen, sondern lediglich um wenige Dezibel mindern, im Durchschnitt sind dies zwischen 3 und 4 dB. Frequenzerniedrigungsverfahren sind dann angezeigt, wenn eine ausreichende Verstärkung im Hochtonbereich nicht anders erreicht werden kann. Eine entsprechende Verifikation ist dazu notwendig. Eine suffiziente Rückkopplungsunterdrückung ohne Verstärkungsrückgang, ein Audioeingang und zuschaltbare Richtmikrofoncharakteristik sind obligat.

Verifikation

Die Verifikation, also die Überprüfung der Einstellung des Hörsystems mit Hilfe der Messbox oder über ein In-situ-Messmikrofon ist in der Kinderanpassung zwingend notwendig. Nur diese Messung stellt sicher, dass das Hörsystem auch im hohen Frequenzbereich die adäquate Verstärkung liefert. Grundlage dieser Messung ist das SPL-ogramm. Hierbei wird der Ausgangsschalldruckpegel (= SPL = sound pressure level) dargestellt und die Perzentilen des Signals. Als Signal ist ein Sprachsignal zu verwenden, da die Hörsysteme hauptsächlich darauf ausgelegt sind Sprache zu verarbeiten und keine Schmalbandsignale. In der Hörsystemanpassung wird das ISTS (International

Speech Test Signal) verwendet. In der Kinderanpassung hat sich inzwischen neben dem bekannten Verfahren DSL (Desired Sensation Level) v. 5.0 auch das Verfahren nach NAL (National Acoustic Laboratories) in der Version NL2 (nonlinear Version) bewährt (Scollie et al. 2010). Beide Verfahren liefern Zielkurven für den Ausgangsschalldruckpegel für verschiedene Eingangspegel. In der Praxis werden verschiedene Eingangspegel getestet. Meistens für leise Eingangspegel 50 dB, 65 dB für mittlere Eingangspegel und 75 dB für laute Eingangspegel. Als weitere Messung stellt die Messung des MPO (Maximum Pressure Output) also des maximalen Ausgangsschalldruckpegels dar, welcher mit einem Eingangspegel von 90 dB gemessen wird. Hierzu steht inzwischen auch ein Signal, welches auf dem ISTS basiert, zur Verfügung (EUHA-MPO-Signal, <http://www.euha.org/informationen/downloads/>). Basis für alle diese Messungen ist die RECD (Real Ear to Coupler Difference), die beim Kind mit jedem neuen Ohrpassstück und jeder Änderung des Mittelohrstatus gemessen werden muss.

Die neue ANSI-Norm S3 46-2013 bietet ein hohes Maß an Flexibilität. So unterschiedlich in der Praxis gemessen wird, so unterschiedlich können nun die Messbedingungen eingegeben werden. Wird beispielsweise die BERA mit Schaumstoffstöpseln durchgeführt und die RECD Messung mit individuellen Ohrpassstücken, so werden diese Daten nun jeweils umgerechnet, obwohl es besser ist, immer die gleiche akustische Ankopplung zu wählen. Weiterhin kann nun mit dieser Norm der neue 0,4 ccm Kuppler verwendet werden (ANSI/ASA 2013).

Validierung

Im Kinderbereich gibt es eine Reihe von etablierten Methoden, um den Erfolg einer Hörsystemanpassung im Kindesalter zu überprüfen. Zu diesen Methoden gehören Fragebogen für Eltern und andere Betreuer des Kindes, weiterhin zählen Sprachtests mit und ohne Störgeräusch zu sehr validen Methoden in der Validierung. Zusätzlich kann eine Lautheitsskalierung eingesetzt werden. Abzuraten ist von der „Aufblähkurve“, welche im Freifeld mit Hörsystemen ermittelt wird. Die Aufblähkurve misst im schwellennahen Pegelbereich. Hörsysteme arbeiten bei leisen Eingangspegeln anders als bei mittleren oder lauten Eingangspegeln, man denke z. B. an die Expansion. Bei der Aufblähkurve werden Schmalbandsignale wie Sinustöne oder Schmalbandrauschen verwendet, es kann damit nicht auf die Verarbeitung von Sprache geschlossen werden. Weiterhin gibt die Aufblähkurve keine Anhaltspunkte, welche Veränderungen am Hörsystem, hinsichtlich Verstärkung oder Kompression, durchgeführt werden müssen.

Fazit

Die Hörsystemanpassung im Kindesalter ist mit sehr vielen Herausforderungen verbunden. Die ersten Herausforderungen stellen sich bereits bei der Diagnostik, die weiteren dann bei der Anpassung und Überprüfung der Anpassung. Es ist sehr wichtig, dass wir uns diesen Herausforderungen stellen, Verbesserungen in der Diagnostik in der Anpassung und in der Überprüfung schaffen. Ein wichtiger Meilenstein auf diesem Weg ist die konsequente Anwendung der bestehenden Richtlinien und Normen. Es muss jedoch auch an dieser Stelle angemerkt werden, dass die Anpassung von Hörsystemen im Kindesalter ein sehr aufwendiger Prozess ist, der sehr viel Sachverstand und Zeit in Anspruch nimmt. Dies wird bisher im Gesundheitssystem nur sehr unzureichend abgebildet. Eine Sensibilisierung auf anderen Ebenen ist also auch eine Herausforderung.

Literatur

- ANSI/ASA (2013) S3 46-2013: Methods of Measurement of Real-Ear Performance Characteristics of Hearing Aid
- Bagatto M, Moodie S, Scollie S, Seewald R, Pumford J, Liu KP (2005) Clinical protocols for hearing instrument fitting in the Desired Sensation Level method. *Trends Amplif*, S. 199–226
- Bargen GA (2015) Chirp-Evoked Auditory Brainstem Response in Children: A Review. *Am J Audiol*, S. 573–83
- Bundesausschuss der Ärzte und Krankenkassen (2011) Richtlinien über die Früherkennung von Krankheiten bei Kindern bis zur Vollendung des 6. Lebensjahres (Kinder-Richtlinien). Vol. 40. *Bundesanzeiger*, S. 1013
- Scollie S, Ching TY, Seewald R, Dillon H, Britton L, Steinberg J, Corconen J (2010) Evaluation of the NAL-NL1 and DSL v4.1 prescriptions for children: Preference in real world use. *Int J Audiol* 49 ed.: S. 49–63
- Wiesner T, Bohnert A, Limberger A, Massinger C, Nickisch A (2012) Konsenspapier der DGPP zur Hörgeräte-Versorgung bei Kindern, Vers. 3.5. Bonn

Best-Practice-Empfehlungen in der pädaudiologischen Diagnostik und Versorgung im ersten Lebensjahr: „Haben wir unsere Ziele erreicht?“



Thomas Wiesner,
Werner Otto Institut, Hamburg

Einleitung

Infolge der bundesweiten Einführung des Neugeborenen-Hörscreenings 2008 wurden bestehende Best-Practice Empfehlungen zur Diagnostik und Versorgung hörgeschädigter Kinder im Hinblick auf die Versorgung von Babys überarbeitet und neu entwickelt. Darüber hinaus wurde in Zusammenarbeit mit der deutschen HNO-Gesellschaft und der Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie ein Netzwerk von Nachuntersuchungsstellen ausgewiesen, die ein „Nachscreening“ (FU1-Stellen) oder eine weiterführende Volldiagnostik (FU2-Stellen) durchführen können.

Neben dem medizinisch-audiologischen Bereich mussten auch die Angebote der Schwerhörigenpädagogik zur Hörfrühhilfe und der Hörgeräteakustiker zur Hörsystemversorgung weiter entwickelt werden. Dies stellte auch neue Anforderungen an die interdisziplinäre Zusammenarbeit über Berufs- und Einrichtungsgrenzen hinweg hin zur Bildung lokaler interdisziplinärer Netzwerke.

Jetzt im Jahr 2016, nach nun acht Jahren bundesweitem Neugeborenen-Hörscreening und intensiven Anstrengungen für alle auffälligen Babys eine Frühdiagnostik und Frühversorgung entsprechend den internationalen Standards sicherzustellen, versucht der Beitrag einen Blick auf den aktuellen Stand der angestrebten Ziele in Diagnostik und Versorgung.

Internationale Vorgaben und die Entwicklung der deutschen Best-Practice Empfehlungen

Anfang der Neunzigerjahre wurde in den USA mit einem flächendeckenden Neugeborenen-Hörscreening begonnen. So lagen 2003/2004 bereits die ersten überarbeiteten Best-Practice Empfehlungen der amerikanischen Academy of Audiology (AAA, Clinical Practice Guidelines Pediatric Amplification) und der American Speech-Language-Hearing Association (ASHA, Guidelines for the Audiological Assessment of Children from Birth to 5 Years of Age) vor. In Vorbereitung auf die Einführung des Neugeborenen-Hörscreenings in England wurden auch in England von der British Society of Audiology entsprechende Empfehlungen zur audiologischen Abklärung und Versorgung von Babys nach dem Neugeborenen-Hörscreening 2006, und über-

arbeitet 2013, veröffentlicht. Das Konsensuspapier der DGPP zum universellen Neugeborenen-Hörscreening und zum Follow-up datieren von 2001 und die letzte Überarbeitung von 2009, hinzukommen das Konsensuspapier der DGPP zur Hörgeräteversorgung bei Kindern, das seit 2002 regelmäßig ergänzt und überarbeitet wurde. Neben den objektiven Verfahren der Hördiagnostik bieten sich jedoch bereits für das zweite Lebenshalbjahr auch subjektive Methoden an, die eine Ermittlung hörschwellennaher Hörtestergebnisse mittels der visuell-konditionierten Ablenkaudiometrie ermöglichen, deren Beschreibung bereits ausführlich in den siebziger und achtziger Jahren erfolgte.

Somit konnten die deutschen Konsensuspapiere einschließlich der Empfehlung der AG-ERA, der ADANO, der Konsens der Deutschen HNO-Gesellschaft und der DGPP zu den Qualitätskriterien und zur Mindestausstattung einer Nachuntersuchungsstellen auf der Basis einer Reihe bereits gut fundierter Best-Practice Empfehlungen insbesondere aus dem angloamerikanischen Raum erstellt werden.

Netzwerk der Nachuntersuchungsstellen (FU1- und FU2-Stellen)

Anhand des Konsens der Deutschen HNO Gesellschaft und der DGPP zu den Qualitätskriterien und zur technischen Mindestausstattung einer Nachuntersuchungsstelle gehören zu den Ausstattungskriterien der FU1-Nachuntersuchungsstellen unter anderem eine 1 000-Hz-Tympanometrie und eine automatisierte BERA (AABR). Zu den Ausstattungskriterien der FU2-Nachuntersuchungsstellen gehört darüber hinaus die Möglichkeit zur Durchführung einer „frequenzspezifischen BERA“. Nach einer Selbstauskunft der Kliniken und niedergelassenen Praxen, die sich zur Durchführung der weiterführenden Untersuchungen bereit erklärt haben, müssten damit über 300 Nachuntersuchungsstellen auch in der Lage sein eine „frequenzspezifische BERA“ sachgerecht durchzuführen. Diese Angaben im Rahmen der Selbstauskunft sind jedoch nie im Rahmen eines Zertifizierungsverfahrens bezüglich der apparativen Ausstattung und der notwendigen fachlichen Fortbildung überprüft worden.

Empfehlungen zum diagnostischen Vorgehen im ersten Lebensjahr

Neben den oben genannten organisatorischen Voraussetzungen ergeben sich bei den verschiedenen diagnostischen Verfahren auch ganz spezifische Herausforderungen, wenn diese Verfahren bei Babys zum Einsatz kommen:

Ohrmikroskopie und Tympanometrie

Bei 15 % bis 33 % der Babys im Alter bis drei Monaten bestehen bereits Mittelohrbelüftungsprobleme bzw. Paukenergüsse. Bei 50 % der Kinder, bei denen bereits in den ersten Lebensmonaten Paukenergüsse bestehen, ist darüber hinaus auch mit länger anhaltenden Mittelohrbelüftungsproblemen über das erste Lebensjahr hinweg zu rechnen.

Darüber hinaus muss davon ausgegangen werden, dass bei einem qualitativ hochwertigen Neugeborenen-Hörscreening (Ausschluss technischer und organisatorischer Fehlmessungen) ein wesentlicher Teil der Referate bereits auf Mittelohrbelüftungsprobleme zurückzuführen sind.

Diagnostisch wird die Trommelfellbeurteilung bei Babys jedoch erschwert durch einen noch sehr engen gegebenenfalls kollabierenden Gehörgang und einem Trommelfell, das in einem flacheren Winkel steht, sodass in der Regel nur ein tangentialer Blick auf das Trommelfell möglich ist. Unter diesen Bedingungen ist eine sichere ohnmikroskopische Beurteilung der Mittelohrbelüftungssituation stark eingeschränkt und auch in einer Reihe von Fällen nicht möglich.

Umso entscheidender ist eine verlässliche Tympanometrie. Die Standard-Tympanometrie mit dem 226 Hz Sondenton liefert im ersten Lebenshalbjahr keine verlässlichen Ergebnisse, sondern führt häufig sowohl zu falsch negativen als auch falsch positiven Befunden. An dieser Stelle ist eine 1 000-Hz-Tympanometrie und/oder Mehrfrequenz-Tympanometrie bzw. eine seit Kurzem verfügbar gemittelte Breitband-Tympanometrie unverzichtbar.

Bei dem Verdacht auf Mittelohrbelüftungsprobleme und eine daraus resultierende Schalleitungsschwerhörigkeitskomponente ist zur weiteren Abklärung auch eine Knochenleitungsmessung notwendig. In der Regel ist bei Babys überhaupt erst durch eine Zusammenschau aus ohnmikroskopischer Ohrinspektion, Hochfrequenztympometrie und Knochenleitungsmessung die Abschätzung der Frage einer Mittelohrbelüftungsstörung und einer Schalleitungsschwerhörigkeitskomponente möglich.

Frequenzspezifische AEP

Da bei Kindern erst im zweiten Lebenshalbjahr unter speziellen Voraussetzungen die Ermittlung hörschwellennaher Hörreaktionen möglich ist (s. VRA), ist die Hörschwellenbestimmung im ersten Lebenshalbjahr zwingend auf eine frequenzspezifische BERA angewiesen. Damit sie als Basis für eine Hörsystemversorgung genutzt werden kann, ist eine Hörschwelleneinschätzung in zumindest zwei Tonhöhenbereichen (um 500 Hz und zwischen 2 000–4 000 Hz) notwendig. Dabei sollte die Hörschwelleneinschätzung sowohl die Ergebnisse der frequenzspezifischen BERA als auch eine Zusammenschau aller anderen bis zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Hörtestergebnisse berücksichtigen. Aufgrund der in Deutschland verwendeten sehr unterschiedlichen BERA-Systeme ist es notwendig, dass die Daten von der untersuchenden Stelle so aufbereitet werden, dass sie für nachfolgende Fachleute im Sinne einer Tonaudiogramm-Hörschwelle in dBHL in die Hörgeräteanpassungssoftware eingegeben werden können.

Auswertungen im Rahmen des Qualitätsmanagement des englischen Neugeborenen-Hörscreenings haben gezeigt, dass selbst unter etablierten Zentren wesentliche Unterschiede in der Auswertung von BERA-Ergebnissen bestehen, die nur durch einen konsequenten Austausch unter den Zentren und eine konsequente Schulung weniger erfahrener Zentren einschließlich eines Mentoringssystems zu begegnen sind. Ansätze in dieser Hinsicht wurden auch in Deutschland in kleinerem Kreis diskutiert, jedoch bisher nicht erprobt oder im Sinne eines Qualitätsmanagements umgesetzt.

Darüber hinaus zeigen Diskussionen mit niedergelassenen Kollegen, dass unter den heutigen Sicherheitsüberlegungen eine ausreichend tiefe Sedierung unter ambulanten Bedingungen ohne anästhesisti-

schen Stand-by kaum mehr umsetzbar ist. Darüber hinaus bestehen Abrechnungsprobleme bei einer ambulanten BERA in Narkose. Somit erfolgt die BERA-Diagnostik vielfach unter suboptimalen Bedingungen bei unruhigen Kindern und unter eingeschränkten Ableitbedingungen. Dies kann den Diagnostikprozess durch die Notwendigkeit von Testwiederholungen in die Länge ziehen sowie zu Fehleinschätzungen der Hörstörung führen.

Beobachtungsaudiometrie und visuell konditionierte Ablenkaudiometrie

Im zweiten Lebenshalbjahr können durch eine kleinkindgerechte visuell konditionierte Ablenkaudiometrie (VRA) unter Verwendung attraktiver visueller Verstärker (z. B. bewegte Figuren hinter einer Rauchgas-scheibe) hörschwellennahe subjektive Hörtestergebnisse ermittelt und die vorangehenden BERA-Ergebnisse ergänzt und überprüft werden. Darüber hinaus erlaubt die visuell konditionierte Ablenkaudiometrie auch die Ermittlung von Aufblähkurvenwerten mit den Hörsystemen.

Obwohl die entsprechenden Verfahren auch für den Einsatz bei sehr jungen Kindern ab dem sechsten Lebensmonat seit Langem beschrieben und als erfolgreich wissenschaftlich nachgewiesen sind, steckt die Umsetzung dieser Verfahren zur Hörschwellenbestimmung bei Kindern im zweiten Lebenshalbjahr in Deutschland weiterhin in den „Kinderschuhen“. Sowohl die wissenschaftliche Beschreibung der Verfahren als auch die eigenen Erfahrungen zeigen, dass die größte Genauigkeit der visuell-konditionierten Ablenkaudiometrie gerade in einem Entwicklungsalter zwischen acht bis 18 Lebensmonaten zu erzielen ist. Der in Deutschland übliche Einsatz des Verfahrens bei älteren Kindern führt häufig zu wenig befriedigenden Erfahrungen, da bei Kindern, die älter sind als 18 Monate, die Effektivität der Methode in der Regel deutlich nachlässt.

Empfehlungen zur technischen Versorgung im ersten Lebensjahr

Trotz der Konsenspapiere der DGPP und der AG-ERA zur pädaudiologischen Konfirmationsdiagnostik (follow-up) nach nicht bestandenen Neugeborenen-Hörscreening beklagen Pädakustiker weiterhin ungenügende Daten zur Hörschwelleneinschätzung bei der Verordnung von Hörsystemen für hörgeschädigte Babys. Dabei ist als Basis für die Anpassalgorithmen DSL 5 und NAL-NL-2, die speziell für den Einsatz bei Kindern entwickelten wurden, eine frequenzspezifische Hörschwelleneinschätzung mit zumindest zwei Eckwerten im Tiefton und im Hochtonbereich, sowie die Informationen, welcher Wandler für die Hörschwellenbestimmung benutzt wurde, zwingend notwendig. Die Genauigkeit der Hörschwelleneinschätzung und die korrekte Eingabe in die Anpassungssoftware (ohne fälschlich applizierte zusätzliche Korrekturwerte) ermöglicht erst eine nachvollziehbare Hörgeräteeinstellung sowie eine altersentsprechende Berücksichtigung des kleinen Gehörgangsvolumens bei der Pegelberechnung. Sind alle Informationen (Hörschwellenwerte, Art des Wandlers, altersentsprechende RECD-Werte) vollständig berücksichtigt, ermöglichen heutige in-situ-Messsysteme eine verlässliche individuelle Einschätzung der Hörbarkeit von Sprache für das Baby und Kleinkind. Da subjektive Messungen von Hörreaktionen mit den Hörgeräten im ersten Lebenshalbjahr nur die Funktion einer Plausibilitätskontrolle haben können, kommt dem messtechnischen Nachweis der Hörbarkeit von Sprache in der Hörgeräteanpassung bei Babys und Kleinkindern die entscheidende Funktion bei der Evaluation der Hörgeräteanpassung zu.

Trotz der entscheidenden Bedeutung der Verifikationsmessung mit der Perzentilen Messung oder SPLogram bei der Beurteilung des Erfolgs der Hörgeräteanpassung wurde diese Messung bis heute nicht als verpflichtend in die Kinderversorgungsverträge mit den Krankenkassen aufgenommen und wird weiterhin nicht flächendeckend in der Hörgeräteversorgung von Kindern umgesetzt.

Obwohl weiterhin von den Krankenkassen bei Kindern eine höhere Vergütung pro Hörgerät erfolgt als im Erwachsenenbereich und von einer Reihe von Herstellern Hörsysteme für Kinder den Hörgeräteakustikern zu Sonderkonditionen angeboten werden, zeigt sich am Markt, dass vielfach aufwendigere Hörgerätefeatures den Kindern doch nicht zur Verfügung stehen, da aus Kostengründen Hörgeräte aus dem unteren Mittelfeld für die Hörgeräteanpassung ausgewählt werden. Verbindliche Regelungen oder gar ein jährlich neu zu verhandelndes einheitlich abgestimmtes Portfolio an Geräten für die Hörgeräteversorgung bei Kindern fehlen.

Überlegungen zur familienzentrierten Hör- und Kommunikationsfrühförderung

Neben einer verlässlichen Hördiagnostik und einer Hörsystemanpassung mit nachgewiesener Hörbarkeit für Sprache bedürfen die Kinder und ihre Familien einer spezifischen Hör- und Kommunikations-Frühförderung. Diese Förderung der Kinder und Begleitung der Familien muss umgehend mit der Diagnosestellung und in einigen Fällen bereits Diagnostik begleitend beginnen. Diese Hörfrühförderung sollte durch Pädagogen und Therapeuten erfolgen, die speziell für die Arbeit mit Babys und Kleinkindern geschult sind und über spezielle Kompetenzen in der Elternarbeit einschließlich Grundzügen der Trauerarbeit verfügen. Bis zu einem abgesicherten Einstieg in den Spracherwerb sollte die Förderung und Begleitung in zumindest wöchentlichen Abständen erfolgen. Leider sind die Angebote in der Bundesrepublik bisher äußerst heterogen mit mancherorts gesicherten wöchentlichen Angeboten und andernorts weitgehend fehlenden Angeboten und Kontakten zu den Landesförderzentren in mehrwöchigen oder gar nur mehrmonatigen Abständen. Hier bedarf es dringend einer Neuorganisation der Zuständigkeiten und des Aufbaus spezifischer pädagogisch-therapeutischer lokaler Netzwerke. Diese Netzwerke wiederum sollten eingebunden sein in einen persönlichen interdisziplinären Austausch mit den zuständigen medizinisch/audiologischen Institutionen und den beteiligten Pädakustikern.

Interessanterweise wurde die neueste internationale Best-Practice Empfehlung zur familienzentrierten Frühförderung von tauben und hörgeschädigten Kindern im deutschsprachigen Raum während einer internationalen Tagung in Bad Ischl, Österreich 2013 verabschiedet, jedoch mit erstaunlich geringer deutscher Beteiligung. Dieses Papier betont neben der engen fachlichen Zusammenarbeit auch die Einbindung von Eltern und Betroffenen in die Informations- und Entscheidungsprozesse.

Wegweisend, gegebenenfalls auch für andere Berufsgruppen, hat der Berufsverband Deutscher Hörgeschädigtenpädagoginnen 2015 im Rahmen eines Positionspapier zur Qualitätssicherung auch eine spezifische Weiterbildungsmaßnahme im Bereich der pädagogischen Audiologie und Hörfrühförderung auf den Weg gebracht mit dem Ziel eines zertifizierenden Abschlusses.

Zusammenfassung – „Was ist noch zu tun?“

Seit den sich abzeichnenden neuen Herausforderungen in der Diagnostik und Versorgung hörgeschädigter Babys mit dem aufkommenden Neugeborenen-Hörscreening Ende der 90er-Jahre, und verstärkt nach der bundesweiten Einführung des Neugeborenen-Hörscreenings 2008, entstanden in Deutschland eine Reihe von (vielfach auch interdisziplinären) Best-Practice Empfehlungen. Diese Empfehlungen konnten sich in der Regel orientieren an internationalen Vorgaben, mit denen insbesondere im angloamerikanischen bereits seit mehreren Jahren Erfahrungen bestanden. Hierbei gebührt ein großer Dank allen Kollegen im Bereich der Audiologie, Hörgeräteakustik und Pädagogik, die an diesen Empfehlungen mitgearbeitet haben und ihre Konsentierung in den Fachverbänden erst ermöglicht haben.

In der Alltagspraxis zeigt sich jedoch ein zunehmender Frust der ärztlichen und audiologischen Kollegen, die vor dem Hintergrund von organisatorischen und finanziellen Begrenzungen den Konsensempfehlungen nur eingeschränkt gerecht werden können. Auch die Pädakustiker sehen sich häufig bei der Übermittlung ungenügender diagnostischer Daten und außerhalb interdisziplinärer Netzwerke, bei häufig auch eingeschränkter eigener Erfahrung, vor qualitativ nicht lösbare Probleme gestellt. Bei einer Diagnostik und Versorgung außerhalb von lokalen interdisziplinären Netzwerken können auch die Eltern schnell verloren stehen zwischen den beteiligten Berufsgruppen und Einrichtungen, mancherorts auch ohne regelmäßigen fachlichen Ansprechpartner.

Es fehlt ein verbindliches Qualitätsmanagement einschließlich entsprechender Kontrollen und darauf basierende Akkreditierungen und Zertifizierungen.

Die Hörgerätediagnostik, technische Versorgung und Frühförderung bei Kindern im ersten Lebensjahr sind eine Herausforderung (auch für langjährig erfahrene Fachleute) und erfordern den gezielten Einsatz aller derzeit zur Verfügung stehenden diagnostischen und anpassungstechnischen Möglichkeiten. Auch Experten können und müssen noch voneinander lernen. Dabei sind die Anforderungen nur in einem gut aufeinander abgestimmten interdisziplinären Netzwerk zu erfüllen.

Gerade auch vor der derzeit wieder belebten Diskussion audiologischer Zentren müsste diese Zentrums-idee bei der Diagnostik und Versorgung hörgeschädigter Babys und Kleinkinder erweitert werden auf ein Zentrum, das die medizinisch-audiologische, psychosoziale, technische und pädagogische Versorgung unter einem Dach anbieten kann. Ist dies nicht ein berechtigter, ja notwendiger Traum? Wer sich in Europa umsieht, kann hierzu auch Beispiele finden!

Referenzen und Empfehlungen

Deutschland:

- AG-ERA der ADANO: Hoth S, Janssen T, Mühler R, Walger M, Wiesner T (2012) Einsatz objektiver Hörprüfmethoden im Rahmen der pädaudiologischen Konfirmationsdiagnostik (Follow-up) nach nicht bestandenem Neugeborenen-Hörscreening; HNO, Volume 60, Issue 12, S. 1100–1102; www.ag-era.de
- Berufsverband Deutscher Hörgeschädigtenpädagoginnen: Positionspapier zur Qualitätssicherung in der Pädagogischen Audiologie (2015) <http://www.b-d-h.de/images/pdf/qalitaet.pdf>
- Deutschen HNO Gesellschaft und DGPP: Konsens zu den Qualitätskriterien und zur technischen Mindestausstattung einer Nachuntersuchungsstelle: www.neugeborenenhoerscreening.de
- DGPP: Konsensus UNHS und Follow up: <http://www.dgpp.de>

DGPP: Konsenspapier der DGPP zur Hörgeräteversorgung bei Kindern, Vers. 3.5: www.dgpp.de

International:

American Academy of Audiology (AAA): Clinical Practice Guidelines Pediatric Amplification (2003/2013)

American Speech-Language-Hearing Association (ASHA): Guidelines for the Audiological Assessment of Children from Birth to 5 Years of Age (2004)

BIAP: Recommendation 12/5: Universal Newborn Hearing Screening (UNHS) a Multidisciplinary Task www.biap.org/de/empfehlungen

British Society of Audiology: Guidelines for the early audiological assessment and management of babies referred from the Newborn Hearing Screening Program (2006–2013); <http://www.thebsa.org.uk/resources/>

Diefendorf AO, Gravel JS (1996) Behavioral observation and visual reinforcement audiometry. In Gerber S (ed.), Handbook of pediatric audiology, Washington, D.C.: Gallaudet University Press, S. 55–83

Moeller, Carr, Seaver, Stredler-Brown, Holzinger (2013) Best Practices in Family-Centered Early Intervention for Children Who Are Deaf or Hard of Hearing: An International Consensus Statement; <http://jdsde.oxfordjournals.org/content/18/4/429.full.pdf+html>

Liden G, Kankkunen A (1969) Visual reinforcement audiometry. Acta Otolaryngologica 67: S. 281–292

Zur Wertigkeit diagnostischer Verfahren bei auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen im Kindesalter

Auditory processing disorders in children: definition and diagnostics



Martin Ptok,
Klinik für Phoniatrie und
Pädaudiologie, Hannover

Schlüsselwörter: Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen, Kinder, Diagnostik, Aufmerksamkeit, Gedächtnis, Intelligenz, exekutive Funktionen

Summary

Background: Children having difficulties to listen despite normal hearing thresholds in pure tone audiometry may suffer from an auditory processing deficit. This raises the question which diagnostic procedures are suitable to validate this diagnosis.

Method: A selective literature research in PubMed and Scopus using the keyword "auditory processing disorder*" has been carried out.

Results: Diagnostic procedures employ non-linguistic, linguistic non-semantic and semantic stimuli, i. e. words, phrases and sentences with or without noise. Objective procedures include auditory evoked potential measurements. Almost all procedures were criticized not to measure auditory processing but more top down processes like attention, memory, cognition etc.

Discussion: Despite the ongoing discussion questioning the value of procedures to proof the diagnosis auditory processing deficits there is agreement that the diagnostic process is a multiprofessional task that should be broad enough not only to probe low level auditory function but equally well suited to detect higher perceptual and cognitive skills.

Keywords: Auditory processing disorders, children, diagnostics, attention, memory, cognition, executive functions

Hintergrund

Es wird geschätzt, dass ca. 0,5 bis ein Prozent aller Kinder Schwierigkeiten haben, Gehörtes richtig zu verstehen, obwohl das periphere Gehör nachgewiesenermaßen regelrecht ist [1]. Diese Schwierigkeiten, im angloamerikanischen Schrifttum „listening difficulties“ bezeichnet, werden von den Eltern bzw. Erziehungsberechtigten als „kann nicht richtig zuhören, insbesondere, wenn es etwas lauter ist“, „vergisst häufig Anweisungen“, „kann nicht richtig verarbeiten“, „es kommt nicht richtig an“ etc. geschildert.

Die Tatsache, dass manche Menschen trotz normalem peripherem Hörvermögen Probleme mit dem Hören haben, ist seit langer Zeit bekannt. Während früher Begriffe wie „Teilleistungsschwäche“ (bei Kindern), Fehlhörigkeit, zentrale Schwerhörigkeit etc. verwendet wurden, findet man heute den Begriff auditive Verarbeitungs- und

Zusammenfassung

Hintergrund: Wenn Kinder trotz normalem peripherem Hörvermögen Schwierigkeiten haben, Gehörtes zu verstehen, kann man bei ihnen eine Störung der auditiven Verarbeitung und Wahrnehmung vermuten. Es stellt sich dann die Frage, welche diagnostischen Verfahren eingesetzt werden sollen und wie zuverlässig sie für die Verifizierung sein können.

Methodik: Selektive Literaturrecherche mit dem Stichwort „auditory processing disorder*“ in den Literaturdatenbanken PubMed und Scopus.

Ergebnisse: Diagnostische Verfahren können eingeteilt werden in Fragebogeninstrumente, subjektive Verfahren mit nicht-linguistischen Stimuli, mit linguistischen-nicht semantischen Stimuli und in Verfahren mit Realworten/Sätze. Für die objektive Diagnostik sind die Ableitung früher, mittellatenter und später Potenziale sowie EEG-Spektralanalysen vorgeschlagen worden. Verschiedene Konsensuspapiere haben u. a. zur Diagnostik Stellung genommen, einheitliche bzw. allgemein akzeptierte Empfehlungen gibt es nicht. Kritische Stellungnahmen, insbesondere zu subjektiven Testverfahren, geben zu bedenken, dass mit diesen Tests weniger die auditive Verarbeitung und Wahrnehmung, sondern vielmehr sprachliche, mnestiche, attentionale oder allgemeine kognitive Faktoren/Fähigkeiten überprüft würden.

Diskussion: Trotz der kontroversen Diskussionen besteht die einhellige Meinung, dass eine AVWS-Diagnostik breit angelegt und i. d. R. multiprofessionell durchgeführt werden muss. Bei Wertung der Ergebnisse muss kritisch hinterfragt werden, ob diese wirklich auf eine AVWS oder eher auf eine übergeordnete Störung hinweisen.

Wahrnehmungsstörung (engl.: auditory processing disorder APD). Als weitere Einteilung wurde vorgeschlagen, bei Kindern respektive Erwachsenen ohne sonstige neurologische Erkrankungen von einer „developmental APD“ bzw. „secondary APD“ bei eventuell gleichzeitig vorhandener peripherer Schwerhörigkeit und darüber hinaus von einer „aquired APD“ bei genetisch bedingten bzw. neurologischen Grunderkrankungen, Trauma, Infektionen o. Ä. zu sprechen [2].

Der Zusammenhang zwischen AVWS und anderen Auffälligkeiten, z. B. Spracherwerbsstörungen und Problemen beim Erwerb schriftsprachlicher Kompetenzen, ist bis heute umstritten. Frühe Veröffentlichungen wiesen darauf hin, dass bei Sprach- und Schriftspracherwerbsstörungen nicht nur ein Defizit der basalen auditiven Verarbeitung nachgewiesen werden könne [3], sondern dass diese Defizite auch in kausalem Zusammenhang mit Spracherwerbsproblemen stünden [4, 5]. Folgerichtig wurden Trainingsprogramme zur Verbesserung der auditiven Verarbeitung und Wahrnehmung entwickelt und vermarktet [6]. Hiermit wurde auch die Hoffnung geweckt, Spracherwerbsprobleme quasi kausal therapieren zu können.

Verschiedene Fachgesellschaften haben mittlerweile ausführlich zur AVWS bzw. (central) auditory processing disorder Stellung genommen, z. B. die Deutsche Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie DGPP ([7–12], die American Speech Language and Hearing Association ASHA [13], die American Academy of Audiology AAA [14] und die British Society of Audiology BSA [2, 15]). Die Stellungnahme der British Society of Audiology [16] wurde bei einer Evaluation nach AGREE II Kriterien (www.agreetrust.org) am höchsten bewertet (5/7 Punkte) [17].

Im Folgenden soll der aktuelle Erkenntnisstand zur Diagnostik der AVWS/(developmental) (C)APD ausschließlich bei Kindern ohne nachweisbare organische Läsion der Hörbahn beleuchtet und aus klinischer Sicht hierzu Stellung genommen werden. Der Begriff AVWS wird im Weiteren synonym für APD/(C)APD/CAPD verwendet.

Methodik

Es wurde eine selektive Literaturrecherche mit dem Stichwort „auditory processing disorder“ in den Literaturdatenbanken PubMed und Scopus durchgeführt. Die in den Datenbanken vorhandenen Zusammenfassungen wurden auf Inklusionstauglichkeit geprüft. Auf eine Bewertung nach PRISMA-Kriterien [18] wurde bewusst verzichtet, da diagnostische Minimal Kriterien für die AVWS nicht allgemein akzeptiert sind und somit die verschiedenen Studien aufgrund der sich stark unterscheidenden Stichproben nicht vergleichbar sind.

Ergebnisse

Die verschiedenen Konsensuspapieren und Stellungnahmen stimmen dahingehend überein, dass AVWS auf einer Störung der auditiven/neuronalen Informationsverarbeitung im Sinne einer defizitären „bottom up“ Verarbeitung beruhen. Die Leitlinie der DGPP (ähnlich ASHA) sieht Tests zur auditiven Diskrimination, Tests zur auditiven zeitlichen (temporalen) Verarbeitung, dichotische Sprachaudiometrietests, Sprachaudiometrietests mit verminderter Redundanz, veränderter Sprache bzw. beeinträchtigter Sprachqualität, binaurale Interaktionstests, Phonemdifferenzierungstests, Phonemidentifizierungstests, Tests zum auditiven Kurzzeitgedächtnis, Tests zur phonologischen Bewusstheit sowie Tests, die primär das Sprachverständnis untersuchen, vor. Zusätzlich wurden elektroakustische bzw. elektrophysiologische Testverfahren empfohlen [11, 12].

Zur Diagnostik sollte(n) somit insbesondere

1. eine periphere Schwerhörigkeit sicher ausgeschlossen werden,
2. Tests durchgeführt werden, mit denen die gestörte auditive Verarbeitung und Wahrnehmung nachgewiesen werden kann,
3. Untersuchungen zum Ausschluss perzeptiver/kognitiver Funktionsstörungen i. S. von „top down“ Prozessen durchgeführt werden [19].

Zu 1.:

Eine periphere Schwerhörigkeit lässt sich in der Regel unzweideutig mit der Reintonaudiometrie, der Messung otoakustischer Emissionen und gegebenenfalls der Hirnstammaudiometrie ausschließen.

Zu 2.:

Zu diesen Tests gehören

- a) Fragebogeninstrumente,
- b) audiometrische Untersuchungen mit nicht linguistischen Signalen,
- c) audiometrische Untersuchungen mit linguistischen, aber nicht semantischen Signalen,
- d) audiometrische Untersuchungen mit Realworten, Phrasen oder Sätzen.

a) Fragebögen:

Für den deutschsprachigen Raum ist der AVWS-Fragebogen der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie erarbeitet und bereits teilweise evaluiert worden, für den angloamerikanischen Sprachraum u. a. ChAPPS (Children's Auditory Processing Performance Scale) [20] und ECLiPSE (Evaluation of Children's Listening and Processing Skills) [21]. Mit Fragebögen lässt sich derzeit relativ genau erfassen, ob Kinder Probleme mit dem Verstehen haben. Es ist allerdings fraglich, ob Antwortscores zwischen „wahren“ AVWS-Kindern und Kindern mit übergeordneten kognitiven Störungen zuverlässig differenzieren können. Auf jeden Fall aber eignen sie sich für eine strukturierte Anamneseerhebung. So konnte z. B. im Rahmen einer Faktorenanalyse gezeigt werden, dass elterliche Angaben zum Hörverhalten ihrer Kinder zwischen typischen „Verstehensproblemen“ einerseits und Angaben zur Aufmerksamkeitsleistung andererseits differenzieren [22].

b) Audiometrische Untersuchungen mit nicht linguistischen Stimuli:

Es ist eine sehr große Anzahl von Stimuli und Stimuluskonfigurationen vorgeschlagen worden. Sie zielen im Wesentlichen darauf ab, die Intensitäts-, Frequenz- und Zeitauflösungskodierung im auditorischen System zu überprüfen. Defizite der basalen auditiven Verarbeitung und Wahrnehmung, insbesondere Defizite der temporalen Auflösung, wurden nach Studien von Tallal [3] und Wright [5] als Ursache von Spracherwerbsproblemen angenommen, konsekutiv wurden entsprechende Trainingsprogramme entwickelt und vertrieben [6]. Kritisch angemerkt wurde, dass mit diesen Testverfahren auch höhere kognitive Funktionen überprüft werden, z. B. mnestiche Fähigkeiten, wenn Tonreihen mit verschiedenen Frequenzen richtig identifiziert werden müssen [23–25]. Wie alle subjektiven Testverfahren erfordern sie zudem von den zu Untersuchenden eine z. T. nicht unerhebliche Aufmerksamkeitsleistung [26, 27].

c) Audiometrische Untersuchungen mit linguistischen, aber nicht semantischen Signalen:

In diese Kategorie fallen Untersuchungen mit isolierten Sprachlauten, (Halb-)Silben, Logatomen und sog. Nonsense-Wörtern. Bei der Auswahl an Stimuli ist zu beachten, ob diese der muttersprachlichen Phonotaktik entsprechen.

d) Audiometrische Untersuchungen mit Realworten, Phrasen oder Sätzen:

Beispiele für diese Untersuchungen sind der Hannover'sche Lautdiskriminationstest, der Heidelberger Lautunterscheidungstest, die dichotischen Tests nach Feldmann und Uttenweiler und der Oldenburger Satztest. Die Zielsetzung dieser Tests ist sehr different, z. B. Überprüfung der dichotischen Verarbeitung, die Phonemdiskrimination, die Hörmerkspanne und das Sprachverständnis im Störlärm [28]. Kritisiert wurde, dass für diese Test einerseits sprachliches Vorwissen unbedingt erforderlich ist und somit auch eher sprachliche Kompetenzen als die auditive Verarbeitung und Wahrnehmung geprüft werde. Zweifelsohne erfordert die Mitarbeit bei diesen Tests auch eine Aufmerksamkeitszuwendung sowie ein gut funktionierendes phonologisches Arbeitsgedächtnis, sodass sich die Frage erhebt, ob bei einem schlechten Testergebnis nicht eher mnestiche oder Aufmerksamkeitsdefizite die korrekte Beschreibung wäre [29].

Die genannten audiometrischen Untersuchungen lassen sich weiterhin dadurch charakterisieren, ob sie mit oder ohne Störlärm bzw. Störsignal und ein- oder beidohrig durchgeführt werden. Außerdem können sie danach unterschieden werden, welche Art von Reaktion oder Antwort sie von dem zu testenden Kind erwarten (z. B. Nachsprechen von Gehörtem, Entscheidungen bei forced choice Aufgaben etc.). Ein relativ neuer, vielversprechender Ansatz scheint einer australischen Forschergruppe gelungen, die Sprachstimuli mit Störlärm verwendet. Durch Variationen des Störlärms lassen sich sog. „auditory streaming deficits“, also Defizite der auditorischen Gestalterkennung von „spatial processing deficits“, also Defiziten der räumlichen Zuordnung und Auflösung differenzieren. Durch die gewählte Testanordnung spielen sprachliche Kenntnisse eine eher untergeordnete Rolle [30]. Auch darauf aufbauend wurde ein Trainingsprogramm entwickelt [31] und evaluiert [32, 33].

Zu 3:

Untersuchungen zum Ausschluss perceptiver/kognitiver Funktionsstörungen:

Solche Untersuchungen sollen vor allem Defizite der Aufmerksamkeit, mnestiche Defizite, motivationale Probleme, Intelligenzschwächen, Störungen der Exekutivfunktionen, Sprachentwicklungsstörungen, Legasthenie, Autismus etc. („top-down“ Prozesse), die die berichteten Symptome besser erklären können, ausschließen. Es ist sicherlich empfehlenswert, eventuelle phonologische Defizite respektive Defizite (schrift-)sprachlicher Kompetenzen leitliniengerecht abzuklären [34]. Intelligenztests mit entsprechenden Testgütekriterien sind für viele Altersstufen publiziert worden und kommerziell erhältlich. Zur Abklärung exekutiver und attentionaler Defizite können Fragebögen, z. B. BRIEF und DYSIPS, sowie normierte und validierte Tests, z. B. D2T-R, eingesetzt werden, zur Abklärung mnestiche Defizite z. B. der Verbale Lern- und Merkfähigkeitstest.

Sollten bei diesen Untersuchungen zu „top down“ Funktionen Defizite festgestellt werden, ist zu bedenken, ob diese dann tatsächlich die vorgetragenen Beschwerden besser erklären können oder ob doch eventuell (kausale) Zusammenhänge mit Hörverarbeitungsstörungen bestehen können. Etwas Ähnliches ist ja von minimalen Hörstörungen bekannt: Nur einige Kinder haben z. B. Schulleistungsprobleme (also „top down“ Defizite), die aber durchaus im Zusammenhang mit diesen Hörstörung stehen.

Elektrophysiologische Diagnostik

Elektrophysiologische Untersuchungen gelten als quasi „objektive“ Tests, die zudem, zumindest teilweise, den Vorteil haben, von der Mitarbeit und Konzentration des zu Untersuchenden unabhängig zu sein. Verschiedene Publikationen legen nahe, dass mit ihnen auch der Nachweis einer gestörten neuronalen Verarbeitung gelingen kann, z. B. mit der Ableitung von Hirnstampfpotenzialen mit komplexen Stimuli (cABR [35]), mittellatenter Potenziale [36], später Potenziale [37] oder ereigniskorrelierter Potenziale [38]. Als hilfreich könnte sich auch die Messung oszillatorischer EEG Antworten auf Sprachstimuli, präsentiert in Ruhe versus im Störlärm erweisen [39].

Es gibt allerdings noch keine international anerkannten Messmethoden, einzelne Empfehlungen zu Art der Stimuli und Ableitung differieren. Außerdem kann argumentiert werden, dass ableitbare Potenziale nur elektrophysiologische Korrelate eines Verhaltens sein können, dass mit einer entsprechenden Verhaltensstichprobe auch und ggf. besser erfasst werden kann. Nur wenn das Verhalten nicht direkt oder indirekt beobachtbar respektive messbar sei, seien elektrophysiologische Untersuchungen sinnvoll, z. B. die Hirnstammaudiometrie zur Messung des Hörvermögens bei Säuglingen. Dieser Einwand ist allerdings insbesondere für audiologisch Tätige nur bedingt nachvollziehbar, denn elektrophysiologische Untersuchungen können durchaus Hinweise auf (organische) Läsionen der Hörbahn geben, z. B. die Latenzverzögerung bei Akustikusneurinomen.

Diskussion

Insbesondere im angloamerikanischen Schrifttum sind Verfahren zur Validierung der Diagnose einer AVWS z. T. vehement kritisiert worden. Neben den bereits erwähnten Punkten wurde auch kritisiert [40], dass viele Tests zur „basalen“ auditiven Verarbeitung keine entsprechend guten Testgütekriterien aufweisen und dass keine Einigkeit besteht, ab welchen Grenzwerten die Diagnose AVWS berechtigt sei (z. B. Ergebnisse in zwei Testverfahren mit einem Wert von zwei Standardabweichungen unter Mittelwert, oder ein Testergebnis mit drei Standardabweichungen unter Mittelwert u. s. w.) [13, 14]. Es wurde auch hinterfragt, ob Angaben der Eltern bzw. Bezugspersonen zum Hörverhalten ihrer Kinder sich überhaupt mit den gängigen AVWS Diagnostikprozeduren erfassen lassen.

So waren z. B. initial hohe Korrelationen zwischen AVWS-Testergebnissen und dem Antwortscore eines Fragebogens, der subjektiv die Fähigkeit zum Zuhören und Verstehen erfasst, nach Herausrechnung der Einflüsse der Aufmerksamkeitsleistung und des phonologischen Arbeitsgedächtnisses nicht mehr bedeutsam [41–43]. Ebenfalls kritisch zu sehen sind die Zusammenhänge zwischen basalen auditiven Fähigkeiten und Spracherwerbsproblemen [44]. Kamhi et al. behauptete sogar, dass AVWS nicht als klinisch eigenständige Entität gewertet werden können [45].

Komplizierend kommt hinzu, dass es kein zuverlässiges Außenkriterium für die konvergente Validitätsprüfung gibt, z. B. genetische Nachweise einer Störung der neuronalen Verarbeitung in der Hörbahn ([46], siehe aber auch [47]).

Da sicherlich bei vielen Kindern neben berichteten Verstehensproblemen auch Probleme mit dem (Schrift-)Spracherwerb, der Aufmerksamkeitslenkung, der Konzentration und/oder mit exekutiven Funktionen bestehen, bleibt letztlich die Frage, ob diese einerseits und

auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsprobleme andererseits in kausalem Zusammenhang stehen, Komorbiditäten sind oder sich überhaupt nicht sinnvoll trennen lassen können. Hierzu ist das Ergebnis einer Studie von Ahmmed et al. [48] beachtenswert: Viele Einzelergebnisse zur Testung basaler auditiver Fähigkeiten sowie höherer kognitiver Fähigkeiten von insgesamt 110 Kindern separierten sich faktorenanalytisch so, dass drei Faktoren, benannt „general auditory processing“, „working memory and executive attention“ sowie „processing speed and alerting attention“ ermittelt wurden.

Da mittlerweile auch die Effektivität von Trainingsprogrammen zur AVWS durch viele Studien belegt ist, ist es in der klinischen Routine sicher ratsam, grundsätzlich eine breit angelegte, i. d. R. interdisziplinäre Diagnostik durchzuführen und vorhandene Defizite hinsichtlich therapeutischer Interventionen genau einzugrenzen und zu benennen. Vor einer solchen Diagnostik sind Eltern bzw. Erziehungsberechtigte allerdings immer über den damit verbundenen hohen Aufwand für alle Beteiligten zu informieren. Es empfiehlt sich, beim ersten Anamnesegespräch darauf hinzuweisen, dass es bis dato keine zuverlässigen AVWS-Screeningtests gibt.

Literatur

- Hind SE, Haines-Bazrafshan R, Benton CL et al. (2011) Prevalence of Clinical Referrals having Hearing Thresholds within Normal Limits. *Int J Audiol* 50: 708–716
- British Society of Audiology (2011) Position Statement: Auditory Processing Disorder (APD). http://www.thebsa.org.uk/wp-content/uploads/2014/04/BSA_APD_PositionPaper_31March11_FINAL.pdf (Zugriff am: 07.02.2016)
- Tallal P (1976) Rapid Auditory Processing in Normal and Disordered Language Development. *J Speech Hear Res* 19: 561–571
- Gaab N, Gabrieli JD, Deutsch GK et al. (2007) Neural Correlates of Rapid Auditory Processing are Disrupted in Children with Developmental Dyslexia and Ameliorated with Training: An fMRI Study. *Restor Neurol Neurosci* 25: 295–310
- Wright BA, Lombardino LJ, King WM et al. (1997) Deficits in Auditory Temporal and Spectral Resolution in Language-Impaired Children. *Nature* 387: 176–178
- Tallal P (2013) Fast ForWord(R): The Birth of the Neurocognitive Training Revolution. *Prog Brain Res* 207: 175–207
- Nickisch A, Gross M, Schönweiler R et al. (2007) Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen: Konsensus-Statement der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie. *HNO* 55: 61–72
- Ptok M, Berger R, von Deuster C et al. (2000) Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen. Konsensus-Statement. *HNO* 48: 357–360
- Ptok M, Zehnhoff-Dinnesen A, Nickisch A (2010) Leitlinie Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen Der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie. AWMF Online http://klinikum.uni-muenster.de/fileadmin/ukminternet/daten/kliniken/phoniatry/L_S1_Leitlinie_AVWS_2010.pdf (Zugriff am: 27.01.2016): 46
- Nickisch A, Schönweiler R (2011) Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen – Differentialdiagnose. Leitlinien Der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie. *HNO* 59: 380–384
- Ptok M, am Zehnhoff-Dinnesen A, Nickisch A (2010) Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen – Definition: Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie. *HNO* 58: 617–620
- Nickisch A, Gross M, Schönweiler R et al. (2015) Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen (AVWS): Zusammenfassung und aktualisierter Überblick. *HNO* 63: 434–438
- American Speech-Language-Hearing Association (2005) (Central) Auditory Processing Disorders [Technical Report]. http://www.ak-aw.de/resources/ASHA_CAPD+2005.pdf (Zugriff am: 27.01.2016)
- American Academy of Audiology (2010) Clinical Practice Guidelines: Diagnosis, Treatment, and Management of Children and Adults with Central Auditory Processing Disorder. http://audiology-web.s3.amazonaws.com/migrated/CAPD%20Guidelines%208-2010.pdf_539952af956c79.73897613.pdf (Zugriff am: 07.02.2016)
- British Society of Audiology (2011) Practice Guidance: An Overview of Current Management of Auditory Processing Disorder (APD). http://www.thebsa.org.uk/wp-content/uploads/2014/04/BSA_APD_Management_1Aug11_FINAL_amended17Oct11.pdf (Zugriff am: 07.02.2016)
- British Society of Audiology. Position Statement. Auditory Processing Disorder (APD). http://www.thebsa.org.uk/wp-content/uploads/2014/04/BSA_APD_PositionPaper_31March11_FINAL.pdf, (Zugriff am 07.02.2016)
- Heine C, O'Halloran R (2015) Central Auditory Processing Disorder: A Systematic Search and Evaluation of Clinical Practice Guidelines. *J Eval Clin Pract*
- Moher D, Shamseer L, Clarke M et al. (2015) Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis Protocols (PRISMA-P) 2015 Statement. *Syst Rev* 4: 14053–4–1
- Ptok M, Miller S, Kühn D (2016) Diagnostik Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen bei Kindern. *HNO*: (im Druck)
- Iliadou V, Bamiou DE (2012) Psychometric Evaluation of Children with Auditory Processing Disorder (APD): Comparison with Normal-Hearing and Clinical Non-APD Groups. *J Speech Lang Hear Res* 55: 791–799
- Barry JG, Tomlin D, Moore DR et al. (2015) Use of Questionnaire-Based Measures in the Assessment of Listening Difficulties in School-Aged Children. *Ear Hear* 36: e300–13
- Ptok M, Buller N, Schwemmler C et al. (2006) Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen versus Aufmerksamkeitsstörungen mit/ohne Hyperaktivität. Ein Komplex mit verschiedenen Ausprägungen oder verschiedene Entitäten? *HNO* 54: 405–8, 410–4
- Sharma M, Purdy SC, Kelly AS (2009) Comorbidity of Auditory Processing, Language, and Reading Disorders. *J Speech Lang Hear Res* 52: 706–722
- Cacace AT, McFarland DJ (2013) Factors Influencing Tests of Auditory Processing: A Perspective on Current Issues and Relevant Concerns. *J Am Acad Audiol* 24: 572–589
- Loo JH, Bamiou DE, Rosen S (2013) The Impacts of Language Background and Language-Related Disorders in Auditory Processing Assessment. *J Speech Lang Hear Res* 56: 1–12
- Ptok M (2002) Entscheidungsverhalten in Schwellennähe bei psychoakustischen Untersuchungen. *Laryngorhinootologie* 81: 696–701
- Ptok M (2002) Signalerkennungstheoretische Aspekte bei unterschiedlichen Verfahren zur Bestimmung psychoakustischer Schwellenwerte. *Laryngorhinootologie* 81: 395–399
- Ptok M (2014) Subjektive audiometrische Verfahren bei Kindern. *HNO* 62: 694–701
- DeBonis DA (2015) It is Time to Rethink Central Auditory Processing Disorder Protocols for School-Aged Children. *Am J Audiol* 24: 124–136
- Cameron S, Glyde H, Dillon H (2011) Listening in Spatialized Noise-Sentences Test (LiSN-S): Normative and Retest Reliability Data for Adolescents and Adults Up to 60 Years of Age. *J Am Acad Audiol* 22: 697–709
- Cameron S, Dillon H (2011) Development and Evaluation of the LiSN & Learn Auditory Training Software for Deficit-Specific Remediation of Binaural Processing Deficits in Children: Preliminary Findings. *J Am Acad Audiol* 22: 678–696
- Glyde H, Cameron S, Dillon H et al. (2014) Remediation of Spatial Processing Deficits in Hearing-Impaired Children and Adults. *J Am Acad Audiol* 25: 549–561
- Cameron S, Glyde H, Dillon H (2012) Efficacy of the LiSN & Learn Auditory Training Software: Randomized Blinded Controlled Study. *Audiol Res* 2: e15
- Ptok M, Kühn D, Jungheim M et al. (2014) Leitliniengerechte Diagnostik bei Sprach-erwerbsstörungen. *HNO* 62: 266–270
- Billiet CR, Bellis TJ (2011) The Relationship between Brainstem Temporal Processing and Performance on Tests of Central Auditory Function in Children with Reading Disorders. *J Speech Lang Hear Res* 54: 228–242
- Schochat E, Musiek FE, Alonso R et al. (2010) Effect of Auditory Training on the Middle Latency Response in Children with (Central) Auditory Processing Disorder. *Braz J Med Biol Res* 43: 777–785
- McArthur G, Atkinson C, Ellis D (2009) Atypical Brain Responses to Sounds in Children with Specific Language and Reading Impairments. *Dev Sci* 12: 768–783
- Sharma M, Purdy SC, Newall P et al. (2006) Electrophysiological and Behavioral Evidence of Auditory Processing Deficits in Children with Reading Disorder. *Clin Neurophysiol* 117: 1130–1144
- Gilley PM, Sharma M, Purdy SC (2015) Oscillatory Decoupling Differentiates Auditory Encoding Deficits in Children with Listening Problems. *Clin Neurophysiol*
- Wilson WJ, Arnott W (2013) Using Different Criteria to Diagnose (Central) Auditory Processing Disorder: How big a Difference does it make? *J Speech Lang Hear Res* 56: 63–70
- Sharma M, Dhamani I, Leung J et al. (2014) Attention, Memory, and Auditory Processing in 10- to 15-Year-Old Children with Listening Difficulties. *J Speech Lang Hear Res* 57: 2308–2321
- Ferguson MA, Hall RL, Riley A et al. (2011) Communication, Listening, Cognitive and Speech Perception Skills in Children with Auditory Processing Disorder (APD) or Specific Language Impairment (SLI). *J Speech Lang Hear Res* 54: 211–227
- Moore DR (2011) The Diagnosis and Management of Auditory Processing Disorder. *Lang Speech Hear Serv Sch* 42: 303–308
- Mody M, Studdert-Kennedy M, Brady S (1997) Speech Perception Deficits in Poor Readers: Auditory Processing or Phonological Coding? *J Exp Child Psychol* 64: 199–231
- Kamhi AG (2011) What Speech-Language Pathologists Need to Know about Auditory Processing Disorder. *Lang Speech Hear Serv Sch* 42: 265–272
- Cacace AT, McFarland DJ (2005) The Importance of Modality Specificity in Diagnosing Central Auditory Processing Disorder. *Am J Audiol* 14: 112–123
- Truong DT, Rendall AR, Castelluccio BC et al. (2015) Auditory Processing and Morphological Anomalies in Medial Geniculate Nucleus of Cntnap2 Mutant Mice. *Behav Neurosci* 129: 731–743
- Ahmmed AU, Ahmmed AA, Bath JR et al. (2014) Assessment of Children with Suspected Auditory Processing Disorder: A Factor Analysis Study. *Ear Hear* 35: 295–305

Frühe Diagnostik / Frühe Versorgung Elternberatung – eine interdisziplinäre Aufgabe



Andrea Bohnert,
Johannes Gutenberg-Universität, Mainz

Einleitung

Die Chancen schwerhöriger Kinder konnten dank des Neugeborenen-Hörscreenings (NHS), dank verbesserter elektrophysiologischer Diagnostikverfahren und enormer Fortschritte in der Hörgerätetechnologie in den letzten Jahren deutlich verbessert werden. Doch damit sind auch die Anforderungen an alle beteiligten Fachdisziplinen enorm gestiegen.

Gerade innerhalb des ersten Lebensjahres ist die Diagnostik und Hörgeräteanpassung als ein Prozess anzusehen. Nur durch eine enge interdisziplinäre Verzahnung von Hörscreening, Diagnostik, Therapie und pädagogischer Frühförderung können die Folgen einer angeborenen Hörschädigung günstig beeinflusst werden. Die Einbeziehung der Eltern sowie aller beteiligten Diagnostiker und Therapeuten ist in jedem Falle notwendig, was der Elternberatung große Bedeutung zumisst. Eltern müssen die Untersuchungsabläufe und Anpassvorgänge verstehen und nachvollziehen können, um Vertrauen zu fassen. Nur so können sie bei der Hörgeräteversorgung und Frühförderung ihres Kindes unterstützend mitarbeiten (Tattersall and Young 2006, Bohnert 2008, DesGeorges 2010).

Bedeutung der Elternberatung

Seit der Einführung des Neugeborenen-Hörscreening (NHS) am 01.01.2009 haben Eltern von Neugeborenen in Deutschland einen gesetzlichen Anspruch auf eine Früherkennungsuntersuchung zum Hörvermögen ihres Kindes. Dies eröffnet einerseits die Chance, dass eine Hörstörung früh erkannt und somit auch frühzeitig behandelt werden kann, gleichzeitig bringt das frühe Erkennen einer Hörstörung mit sich, dass die Familie des Kindes noch gar keine Gelegenheit hatte, die Hörstörung des Kindes „zu erleben“. Der Anfangsverdacht der Diagnose „Hörstörung“ trifft die Eltern in der Phase der Familienneubildung. Die Familie hat sich um ein Mitglied, nämlich das Neugeborene, erweitert und ist zunächst damit beschäftigt, eine gelingende Beziehung zwischen Eltern und Kind aufzubauen (Leonhardt 2008). Dies allein hat in aller Regel große Auswirkungen und verändert den Alltag des Familienlebens erheblich. In dieser für die Familie sensiblen Phase kommen nun der Prozess der Diagnosestellung und die darauf

folgende Hörgeräteversorgung. Es ist daher von großer Bedeutung, dass nicht nur eine frühzeitige Diagnostik und Versorgung eingeleitet wird, vielmehr bedarf es auch der intensiven Beratung und der Berücksichtigung psychosozialer Kontextfaktoren (Freund und Hintermair 2012).

Studien

Zu Zeiten als die Fachwelt damit beschäftigt war, das Universelle Neugeborenen-Hörscreening (UNHS) in den verschiedensten Ländern einzuführen, wurden viele Studien durchgeführt, um die Wirksamkeit eines solchen Screenings zu beweisen. Mittlerweile weiß man, dass nicht nur der zuverlässige Ablauf eines solchen Screenings und Trackings von großer Bedeutung für die Entwicklung eines schwerhörigen Kindes ist; mindestens ebenso bedeutsam ist die frühzeitige Aufklärung und Beratung der Eltern, welche mit einer frühen Diagnostik und einer frühen Versorgung eines schwerhörigen Kindes einhergehen.

Eine ganze Reihe von Autoren (Tattersall und Young 2006, Leonhardt 2008, Mc Cracken et al 2008, Des Georges 2010, Freund und Hintermair 2012) haben Studien zu den Fragen der Elternberatung im Zusammenhang mit früher Diagnostik und früher Versorgung durchgeführt. So haben Tattersall und Young (2006) untersucht, welche Erfahrungen Eltern schwerhöriger Kinder mit dem diagnostischen Prozess nach dem UNHS gemacht haben. Sie fanden heraus, dass Eltern sehr unterschiedliche Erfahrungen machten, obschon der Ablauf des UNHS einem bestimmten Standard folgte. Bei vielen Eltern führten diese Erfahrungen dazu, dass sich der Prozess des Screenings für sie nicht klar abgrenzen ließ vom dem Prozess der Diagnose einer Hörstörung. Viele Eltern zeigten eine Verunsicherung bezüglich der Diagnose und somit auch der Notwendigkeit weitergehender Handlungen wie beispielsweise die rechtzeitige Versorgung mit Hörgeräten. Schlussendlich waren nicht Faktoren wie die Menge der notwendigen Screening-Termine oder gar lange Wartezeiten zwischen den einzelnen Screening-Terminen bedeutsam für den guten Verlauf einer Hörgeräteversorgung, sondern die Art und Weise wie die Kommunikation zwischen Ärzten, Therapeuten und Eltern stattfand. Eltern beschwerten sich häufig darüber, dass Sachverhalte nicht in einfachen und klar verständlichen Worten kommuniziert wurden, sondern dass vielmehr unverständlicher Fachjargon benutzt wurde. Dies trug in fast allen Fällen zu großer Verunsicherung der Eltern bei anstatt den Prozess der Diagnostik und Hörgeräteversorgung voranzutreiben und zu stabilisieren. Sehr häufig wurde auch bemängelt, dass zwischen den einzelnen Fachdisziplinen kaum oder nur wenige Absprachen festzustellen waren, so dass die Eltern viel Zeit darauf verwenden mussten, selbst herauszufinden, in wieweit die Aussagen der professionellen Fachkräfte vermeintlich widersprüchlich waren oder möglicherweise doch dieselbe Intension verfolgten. Einig sind sich alle Autoren darüber, dass sehr differenzierte Beratungskonzepte notwendig sind. Diese sollten möglichst individuell konzipiert sein und den Bedürfnissen der Eltern Rechnung tragen (Freund und Hintermair 2012, Hardonk et al 2011, Des Georges 2010, Tattersall und Young 2006).

Eltern sind keine homogene Gruppe, insbesondere, wenn es um die Elternberatung geht. Es gibt nicht „die typischen Eltern“, genauso wenig wie es „die typische Hörstörung“ oder „das typische hörbehinderte Kind“ gibt. Bei der Frage, was nach der Durchführung des UNHS geschehen soll, haben Eltern durchaus unterschiedliche Vorstellungen. (Hintermair 2008, Leonhardt 2007, Young und Tattersall 2005, Young und Tattersall 2007). Es gilt also die Sichtweisen von Eltern in Erfahrung zu bringen, wenn man differenzierte Interventionskonzepte realisieren will (Freund und Hintermair 2008). Freund und Hintermair (2008) verglichen die unterschiedlichen mütterlichen Einschätzungen zum UNHS mit verschiedenen soziodemografischen Merkmalen. Dabei zeigte sich ihrer Meinung nach, dass der Bildungsabschluss der Mütter durchaus eine Rolle spielt. Die Autoren vermuten, „dass möglicherweise werdende Mütter mit Hauptschulabschluss für sich weniger Bewältigungsressourcen sehen für den Umgang mit einem auffälligen Befund als Mütter mit höheren Bildungsabschlüssen“. Außerdem schlussfolgerten sie, „dass Mütter, die bereits Kinder haben, sich deshalb vermehrt Unterstützung auch durch eine Fachkraft bei der Diagnoseverarbeitung wünschen, da sie aufgrund der bereits vorhandenen Erfahrung des Elternseins mehr Sensibilität aufweisen, was belastende Lebensereignisse für die Beziehung zwischen Eltern und Kind bedeuten“ (Freund und Hintermair 2008).

Wenn wir schwerhörige Kinder nicht nur möglichst früh diagnostizieren, sondern auch rechtzeitig mit Hörgeräten versorgen wollen, dann muss es uns gelingen, uns individuell auf Eltern einzustellen. Tattersall et al. (2006) beschreiben in ihrer Studie, dass Eltern oft beklagen, dass Fachpersonal zu häufig Fachjargon benutzt und sich sehr kompliziert ausdrückt. Die meisten Eltern haben das Empfinden, dass sich „Professionelle“ nicht auf die sprachliche Ebene von Eltern einstellen können und sie nicht als ebenbürtige Partner sehen. Des Georges (2010) weist deshalb daraufhin, wie wichtig die Selbstreflexion des Fachpersonals im Umgang mit Eltern ist.

Immer wieder muss man im klinischen Alltag feststellen, dass Informationen, welche Eltern bezüglich des Hörscreenings ihres Kindes erhalten, ganz unterschiedliche Reaktionen hervorrufen. Offenbar klingen manche Aussagen zu beruhigend auf die Eltern, so dass sie sich deshalb erst nach etlichen Monaten wieder zu einem Kontroll-Termin melden. Andere Eltern holen sich sofort einen weiteren Termin, tun dies aber weinend und völlig verzweifelt. Wieder andere Eltern beklagen, dass sie sich mit der Diagnose völlig überrannt fühlen. Sie haben die Tatsache, dass ihr Kind eine Hörstörung hat, noch nicht begriffen, sollen aber bereits nach nur ein oder zwei Monaten eine Entscheidung hinsichtlich der weiteren Therapie treffen – Hörgerät oder Cochlea-Implantat. Dabei beschreiben sie auch immer wieder, dass sie widersprüchliche Aussagen vom Fachpersonal erhalten. Während die eine Berufsgruppe das Cochlea-Implantat forciert, erhalten sie von anderen Fachgruppen die Antwort, dass das Hörgerät ausreichend ist, oder dass es vielleicht nicht ausreichend ist, man sich aber trotzdem mit der Entscheidung noch Zeit lassen könne.

Solche Beispiele zeigen deutlich, dass UNHS einen bedeutsamen Effekt auf die Eltern und ihr Kind haben. Freund und Hintermair haben daher recht, wenn sie sagen: „Eine frühe Intervention, beginnend mit dem Screening in der Klinik, stellt eine Herausforderung dar für alle damit befassten professionellen Fachkräfte“. Dieser Herausforderung kann man nur gewachsen sein, wenn man sich ihr interdisziplinär stellt.

Interdisziplinarität

Was versteht man unter dem Begriff „Interdisziplinarität“? Im Allgemeinen versteht man unter diesem Begriff „das Nutzen von Ansätzen, Denkweisen und Methoden verschiedener Fachrichtungen“. Kühn beschreibt Interdisziplinarität als „das Zusammenwirken der Disziplinen im Sinne einer gemeinsamen Problemstellung“. Hierbei sollen Grenzen, Methoden und Ziele zwischen den Disziplinen gegenseitig anerkannt werden. Die einzelnen Disziplinen sollen den Austausch von Konzepten und Vorgehensweisen nutzen und zum Entstehen neuer Blickwinkel und Perspektiven einsetzen. Dies soll geschehen ohne die Aufgabe der jeweils eigenen Identität einer Fachgruppe. Die Unterschiede der einzelnen Disziplinen sollen durchaus bestehen bleiben und Gemeinsamkeiten sollen aufgebaut werden (Kühn 2014).

In der SK2-Leitlinie „Periphere Hörstörung“ der DGPP (2013) steht: „Elementare Bestandteile sind die Beratung der Eltern und die fachspezifische pädagogische Förderung, wie auch die Abstimmung mit den betreuenden Sonderpädagogen und Therapeuten“. Es wird ein interdisziplinäres Vorgehen und die Einbeziehung der Eltern in den diagnostischen und therapeutischen Prozess gefordert. Ähnlich formulieren es auch internationale Fachgesellschaften wie beispielsweise das Internationale Büro für Audiophonologie (BIAP 2007) oder die American Speech-Language-Hearing Association (ASHA 2007).

Dazu bedarf es nicht nur ausreichend zeitlicher Ressourcen, vielmehr braucht es Fachpersonal in allen beteiligten Berufsgruppen, die eine hohe fachliche Qualifikation aufweisen. Sie sollten eine gemeinsame Sprache sprechen, was bedeutet, es sollten gemeinsame Fachtermini verwendet werden, die allgemeinverständlich sind und sich nicht nur demjenigen erschließen, der in der Lage ist, mit „Fachjargon“ umzugehen. Dies wiederum setzt voraus, dass alle Beteiligten mindestens über eine ebenso hohe Sozialkompetenz verfügen und im positiven Sinne „teamfähig“ sind, welches nur gelingt, wenn Offenheit und großes Vertrauen auf allen Seiten besteht. Die Grundlage für das Gelingen einer interdisziplinären Vorgehensweise ist der respektvolle Umgang auf Augenhöhe aller Fachdisziplinen miteinander und vor allem gegenüber den Eltern. Nur so lassen sich Themen wie „ist Hören immer das Wichtigste“, „jetzt gleich ein CI“, „können wir noch warten“, „wie lange können wir noch warten“ zum Wohle des Kindes und seiner Eltern klären. Das heißt, es bedarf auch immer wieder einer gemeinsamen Zieldefinition aller beteiligten Fachdisziplinen, sonst werden Eltern schnell durch vermeintlich widersprüchliche Aussagen verunsichert. Folgt man den Untersuchungen von Tattersall et al, dann kann dies im schlimmsten Falle sogar zur Verweigerung notwendiger diagnostischer oder therapeutischer Handlungen führen (Tattersall et al. 2006).

Strukturen – Wie sollte die Zusammenarbeit erfolgen?

Wie kann man eine solche komplexe Aufgabe lösen? Um sinnvoll interdisziplinär arbeiten zu können, sind entsprechende Strukturen notwendig, interne als auch externe. Das bedeutet, dass zunächst einmal innerhalb einer Fachdisziplin die Verantwortlichkeiten geklärt sein müssen. Des Weiteren sollte eine Person benannt werden, die als Bezugsperson für das Kind und seine Familie verantwortlich ist und die Koordination mit den anderen Fachdisziplinen übernimmt. Es muss definiert werden, wie der Transport der verschiedenen fachlichen Informationen zwischen den Professionellen geschehen soll. Hilfreich sind auch Rückmeldesysteme, so dass die jeweils andere Fachgruppe

weiß, dass die Information auch angekommen ist. Um zu vermeiden, dass bei Eltern widersprüchliche Aussagen ankommen, sollten sich die einzelnen Fachdisziplinen ein gemeinsames Konzept erarbeiten, welches in regelmäßigen Abständen reflektiert werden muss. Es bedarf regelmäßiger Teamkonferenzen, sowohl im fachinternen als auch im fachexternen Bereich. In jedem Fall sollten auch die Eltern immer wieder in den Prozess der Diskussion miteinbezogen werden. Allerdings sollten sich die einzelnen Fachdisziplinen auf eine gemeinsame „Zieldefinition“ einigen, anstatt mit kontroversen Meinungen an die Eltern heranzutreten. Dies bedeutet nicht, dass Eltern nicht umfassend über alle Möglichkeiten informiert werden sollten. Sie sollten jedoch so beraten werden, dass sie sich bei der Entscheidungsfindung unterstützt, verstanden und nicht allein gelassen fühlen. Psychologische Unterstützung zur Verarbeitung der Diagnose und der daraus resultierenden notwendigen Rehabilitation und der Zugang zu Selbsthilfegruppen sollten das Angebot erweitern.

Im Rahmen einer interdisziplinären Zusammenarbeit sollte es Strukturen geben, die transparent für alle beteiligten Fachgruppen sowie für die Eltern sind.

Interne Zusammenarbeit

- Benennung einer Bezugsperson („Navigator“)
- Aktuelle kurze Rücksprachen – möglichst sofortige Notizen
- Sofortige Meldung / Kontaktaufnahme zu anderen Institutionen (Frühförderung, Akustiker, Humangenetik etc.)
- Fallbesprechung zweimal wöchentlich mit ausreichend Zeit
- Berichterstattung der einzelnen Fachpersonen
- Interne Datenbank

Externe Zusammenarbeit

- Zusendung der Berichte an die Eltern bzw. die Betreuungseinrichtungen
- Einholen von aktuellen Berichten / Diagnosen
- Ggf. direkte Rücksprachen
- Telefon- / E-Mail-„Sprechstunden“, sowohl für Fachdisziplinen als auch für Eltern
- Teamkonferenzen mit anderen Fachdisziplinen
- Supervision, kollegiale Beratung

Dokumentation

- „Hörpass“
- „Hörheft“
- „Dokumentationsmappe“

Zusammenfassung

Eltern brauchen Zeit um eine Diagnose „begreifen“ und „bewältigen“ zu können. Nur dann sind sie auch in der Lage, Entscheidungen zu treffen. Eine Arbeitsgruppe aus Belgien (Hardonk et al. 2011) konnte mit ihrer Studie zeigen, dass Eltern eine klare Perspektive brauchen bezüglich des Screenings, der Diagnostik und der Hörgeräteversorgung. Ohne diese klare Perspektive fühlen Eltern große Unsicherheit, die bis zur Verweigerung der Annahme der Diagnose und der daraus resultierenden Hörgeräteversorgung führen kann.

McCracken hat einmal gesagt: „Wenn wir nicht verstehen, ob und wie Eltern in der Lage sind einen Nutzen aus der frühen Versorgung zu ziehen, dann sind viele unserer frühen audiologischen Bemühungen wenig erfolgreich“ (McCracken et al. 2008).

Wir haben durch die Einführung des Neugeborenen-Hörscreenings viel erreicht. Wir sind früher, schneller und mit vielmehr technischen Möglichkeiten ausgestattet denn je. Das bedeutet aber gleichsam, dass es auch für die Familien schneller und komplexer geworden ist. Eltern fühlen sich oft überfordert und in der Beziehungsentwicklung innerhalb ihrer Familien bedroht, da das Zeitfenster zwischen der Geburt des Kindes und der Diagnose der Hörstörung extrem kurz geworden ist. Der Elternberatung und der interdisziplinären Zusammenarbeit kommt deshalb eine immer größer werdende Bedeutung zu. Sorgen, Belastungen und auch Ängste, die im familiären Bereich entstehen, können sich schnell hemmend auswirken. Dean beschrieb bereits 1999, dass es viel wahrscheinlicher ist, dass man positiven Einfluss auf die Entwicklung junger Kinder und ihrer Familien nehmen kann, wenn man nicht gleich Handlungen initiiert, sondern in der Lage ist zuzuhören und der Familie Fragen stellt, die ihr Respekt, Interesse und auch die Fähigkeit zur Empathie zeigen.

Die interdisziplinäre Kooperation aller Beteiligten, einschließlich Mediziner, Pädaudiologen, Früherzieher, Hörgeschädigtenpädagogen, Pädakustiker und anderer Fachdisziplinen, ermöglicht die denkbar beste Nutzung aller Chancen, die sich durch ein flächendeckendes Neugeborenen-Hörscreening ergeben. Dazu gehören auch Respekt, Anerkennung und Vertrauen vor den jeweils anderen Fachdisziplinen. Die Verantwortung, die jeder einzelnen Fachgruppe hierbei zukommt, ist immens. Gemeinsam jedoch sollten wir der Herausforderung gewachsen sein!

Literatur

- American Speech-Language-Hearing Association (ASHA) Rockville, MD (2007) Guidelines for the Audiologic Assessment of Children from Birth to 5 Years of Age. Verfügbar unter: www.asha.org/NR/rdonlyres/0BB7C840-27D2-4DC6-861B-1709ADD78BAF/0/v2GLAudAssessChild.pdf
- Bohnert A, (2008) Früherkennung – Frühversorgung – Frühförderung – eine interdisziplinäre Aufgabe?! Hörpäd 03/93
- Bureau Internationale d'Audiophonologie (BIAP) (2007) Recommendation 12/05 Universal Newborn Hearing Screening – A Multidisciplinary Task. Verfügbar unter: http://www.biap.org/index.php?option=com_content&view=article&id=65:recommebation-125-universal-newborn-hearing-screening-unhs-a-multidisciplinary-task&catid=69:ct-12-depistage-precoceclela-surdite-unhs&Itemid=19&lang=en
- DesGeorge J (2010) Working with Challenging and Under-Involved Families. Sound Foundation through Early Amplification, Chicago Proceedings
- Deutsche Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie (DGPP) (2013) SK2 Leitlinie, Periphere Hörstörungen im Kindesalter. Verfügbar unter: http://www.dgpp.de/cms/media/download_gallery/Hoerstoerungen%20Kinder%20kurz.pdf
- Dean J (1999) Principles of practice: Forming the foundation for creative infants and their families. Unpublished manual
- Freund L, Hintermair M (2012) Erwartungen werdender Mütter an das Neugeborenen-Hörscreening, HNO 60, S. 337–342
- Hardonk S (2011) Congenitally deaf children's care trajectories in the context of Universal Neonatal Hearing Screening: a qualitative study of the parental experiences. J Deaf Stud Deaf Educ 16: S. 305–324
- Hintermair M (2008) Neugeborenen-Hör-Screening (NHS) und Behinderungsverarbeitung von Eltern früh erfasster Kinder, Z Heilpädagog 59: S. 183–189
- Kühn H (2014) Interdisziplinäre Zusammenarbeit – Medizin – Psychologie – Hörgeschädigtenpädagogik. Jahrestagung der Hörgeschädigtenpädagogen, Burg Feuerstein
- Leonhardt A, Wendels S (2007) Auf zu neuen Ufern – wie das Neugeborenenhörscreening die Frühförderung hörgeschädigter Kinder verändert, Sonderpädagog Förd 52: S. 87–98
- Leonhardt A (2008) 14. Multidisziplinäres Kolloquium der Geers-Stiftung, Band 17, S. 179–193
- McCracken W, Young A, Tattersall H (2008) Universal Newborn Hearing Screening: Parental Reflections on Very Early Audiological Management, Ear & Hearing, Vol. 29, No 1, S. 54–64
- Tattersall H, Young A (2006) Deaf children identified through newborn hearing screening: parent's experience of the diagnostic process, Health & Development, 32, 1, S. 33–45
- Young A, Tattersall H (2005) Parents of deaf children evaluate accounts of the process and practice of universal newborn hearing screening, J Deaf Stud Deaf Educ 10: S. 134–145
- Young A, Tattersall H (2007) Universal newborn hearing screening and early identification of deafness: parent's responses to knowing early and their expectations of child communication development, J Deaf Stud Deaf Educ 12: S. 209–220

Perspektiven hör-/sprachpädagogischer Konzepte: Worauf kommt es an?



Mirjam Stritt Drewes,
GSR Audiopädagogischer Dienst, Basel

Der Audiopädagogische Dienst (APD) in Basel bietet eine dezentrale Förderung und Unterstützung von Babys, Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen mit Hörbeeinträchtigungen und Beratung ihres privaten und schulischen/beruflichen Umfeldes in der Nordwestschweiz an. Aktuell sind es rund 200 Familien, die eine große Palette von Zusammenarbeitsformen in Anspruch nehmen. Diese können von intensivster Zusammenarbeit mit mehreren Terminen pro Woche bis hin zu sporadischem Nachfragen einmal jährlich gehen. Die Hörbeeinträchtigungen sind ebenfalls sehr unterschiedlich: Von Auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen (AVWS) über einseitige Hörbeeinträchtigungen bis hin zu beidseitiger Gehörlosigkeit kommen alle Arten von Auffälligkeiten des Hörens vor. Die Wahl der Kommunikations- und Bildungsform (Lautsprache, Gebärdensprache, Bimodale Schulung) liegt vom Moment der Diagnose an in der Hand der Erziehungsberechtigten.

Finanziert wird die audiopädagogische Arbeit über Leistungsvereinbarungen mit den Bildungsverantwortlichen der jeweiligen Wohnkantone.

Immer wieder stellen wir uns in unserer täglichen audiopädagogischen Arbeit die Frage, welche Faktoren letztendlich entscheidend sind, ob ein Kind mit einer Hörbeeinträchtigung nach erfolgter Versorgung mit adäquaten Hörhilfen und bei optimaler Förderung in die erwartete Entwicklungskurve einschwenken kann. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich, dass ein entscheidender Faktor in allen Teilbereichen mit dem Stichwort „Vernetzung“ beschrieben werden kann.

Schon zum Zeitpunkt der Diagnose-Eröffnung fällt ein erstes Mal die Wichtigkeit der Vernetzung auf: Die Anwesenheit einer Audiopädagogin in den dramatischen Momenten in der Pädaudilogie wird von den Eltern im Rückblick oft als hilfreich, tröstend und stabilisierend beschrieben. Der gemeinsame Wissensstand hilft mit Klarheit zu schaffen, gleichzeitig Missverständnisse und die Wahrscheinlichkeit einer Traumatisierung zu reduzieren.

Sobald der Termin in der Pädaudilogie beendet ist, bietet die Audiopädagogin den Eltern an, sie zum Pädakustiker zu begleiten, die Beteiligten einander vorzustellen und erste Termine zu vereinbaren.

Hier wird von Eltern häufig rückgemeldet, dass in diesen Momenten eine Perspektive entstanden sei, die sie als rettenden Strohalm wahrnahmen.

Gerade Eltern, die aus einem anderen Kulturkreis stammen, sind sehr froh über die Möglichkeit, die neuen Geschehnisse in ihrer Muttersprache und mit Menschen, denen ihr kultureller Hintergrund vertraut ist, eingehend diskutieren zu können. Dazu bringen wir Familien mit denselben Muttersprachen miteinander in Kontakt. Andere Eltern, die bereits von ihren eigenen Erfahrungen berichten können, werden als kompetent, glaubwürdig und hilfreich erlebt und können mithelfen, Verständnis für die nötigen Schritte zu schaffen. Das Vertrauen, das die erfahreneren Eltern zu den Fachleuten schon haben, beschleunigt die Entwicklung einer Vertrauensbasis mit den neuen Familien. Durch diese Vernetzung werden viele Reibungsverluste vermieden und die Kooperationszeit kann sehr schnell effizient genutzt werden.

Sobald die zuständige Audiopädagogin ihre regelmäßige Arbeit beginnt, die in dieser Altersstufe meist zwei Termine pro Woche umfasst, kann sie Familien mit gleichaltrigen Kleinkindern miteinander in Kontakt bringen. Die Kinder erleben dadurch schon früh die Normalität des Tragens von Hörhilfen, auch wenn sie innerhalb ihrer Familie oft die einzigen Personen mit Hörgeräten oder Cochlea-Implantaten bleiben. Langfristig gesehen halten wir diesen früh einsetzenden Kontakt und Austausch zwischen Kindern mit Hörbeeinträchtigungen für ein wichtiges Element in der gelingenden Identitätsentwicklung.

Die Audiopädagogin berichtet dem Pädakustiker und später dem CI-Techniker engmaschig von den Beobachtungen in der Hör- und Sprachentwicklung und ist an den Einstellungsterminen zu Anfang regelmäßig und später sporadisch mit dabei. Der gemeinsame Austausch trägt erneut dazu bei, den gemeinsamen Wissensstand im Alltag bestmöglich anzuwenden, Fachwissen und familiäre Bedürfnisse in Beziehung zu setzen und effizient auf Fortschritte hinzuarbeiten. Durch die modernen Medien ist es heutzutage beispielsweise sehr einfach, mittels E-Mail-Versand und „cc“ alle Beteiligten auf demselben Informationsstand zu halten. Dass Eltern durch einen Fachjargon abgeschreckt werden könnten, entspricht nicht unseren Erfahrungen, da wir davon ausgehen, dass sich alle wichtigen Zusammenhänge allgemein verständlich ausdrücken lassen.

Im Alltag erarbeitet die Audiopädagogin mit den Familien die Umsetzung des «mehr vom Normalen» (Morag Clark), mit dem eine unauffällige Gesamtentwicklung unter besonderer Berücksichtigung einer altersadäquaten Hör- und Sprachentwicklung angestrebt wird.

Durch Wochenkalender und Foto-Tagebücher mit kleinen Textchen und Dialogen wird beispielsweise die Vernetzung zwischen schon Erlebtem, Aktuellem und Kommendem hergestellt. Die Vorbearbeitung von kommenden Themen wird spätestens dann zentral, wenn das Kind regelmäßig eine Spielgruppe o. Ä. besucht und durch die inhaltliche Vorentlastung eine längere eigenverantwortliche Teilhabe

am Geschehen erreicht werden kann. Dazu ist es erforderlich, dass die Beteiligten in einem engen Informationsaustausch stehen. Konkret bedeutet dies, dass die Audiopädagogin Zugang zu den Liedern, Versen, Themen, Bilderbüchern etc. erhält, die Gegenstand der kommenden Unterrichtseinheiten sein sollen, und für das Kind mit der Hörbeeinträchtigung die benötigten Zwischenschritte schaffen kann. Gerade das Aufschreiben von Liedtexten gelingt häufig inmitten der Umgebungsgeräusche einer Spielgruppe nur unzureichend und es empfiehlt sich, diese Elemente in der akustisch optimierten Einzelförderung anzubieten.

Dieser äußere Aufwand der Vernetzungen zielt darauf ab, dem Kind die inneren Vernetzungsleistungen zu ermöglichen, zu deren Entwicklung das Kind angeregt und angeleitet wird. In der Hör- und Sprachentwicklung, in der das Kind seine Alltagserlebnisse und die Höreindrücke mit der dazu gehörenden Sprache der Bezugspersonen in Beziehung setzt, fällt eine ganze Fülle von Vernetzungsleistungen auf. Um nur ein Beispiel zu nennen: Ein Kind in einer mehrsprachigen Familie muss die entsprechenden Ausdrucksweisen den verschiedenen Familienmitgliedern und Situationen zuordnen, gleichzeitig lernt es über Sprache nachzudenken und sprachliche Regeln zu erkennen. Durch das Prinzip „one person – one language“ kann es diese Lernschritte besser bewältigen.

Gemeinsames Erleben, der Bezug zu früher Erlebtem und Kommen- dem ergibt unzählige Sprechansätze, in denen das Kind über die

gemeinsame Kommunikationsfreude in komplexere Gespräche hineinwächst, Sprache als verlässlich erlebt und die altersadäquaten Fähigkeiten des vernetzten Denkens aufbaut. Auf dieser Basis gelingt es dem Kind auch, eine altersadäquate Meinungsbildung zu entwickeln, die häufig aufgrund des großen Aufwandes für die Informationsaufnahme zu kurz kommt.

Dialoge und kleine Texte im Tagebuch lassen das Kind quasi unbemerkt das Lesen und Schreiben entdecken und schaffen neue Gesprächsanreize, indem Altes und Neues in Beziehung gesetzt, wiederholt, erweitert oder verglichen werden kann. Häufig dient das Tagebuch den Familien auch als Kommunikationshilfe, indem das Kind auf einzelne Bilder zeigt und die Bezugsperson sich mit Hilfe von Rückfragen an die kommunikative Absicht des Kindes herantasten kann.

Gerade in der Deutschschweiz kann dadurch auch die Alltagssprache Schweizerdeutsch mit der Sprache der Schrift (Hochdeutsch) in Beziehung gesetzt werden – lange bevor die schulischen Anforderungen dies voraussetzen.

Je enger alle Beteiligten miteinander in vertrauensvollem Austausch stehen, desto höher ist trotz Hörbeeinträchtigung die Wahrscheinlichkeit für eine gut gelingende Gesamtentwicklung.

Sind die zeitlichen Ressourcen knapp, lohnt es sich, das Thema Vernetzung in allen Facetten besonders ernst zu nehmen.

Zusammenhang zwischen Ergebnissen aus Sprachentwicklungs- und sprachaudiometrischen Testverfahren bei hörgeschädigten Kindern



Silvia Zichner und Klaus Berger
Cochlear-Implant-Centrum, Berlin

Parwis Mir-Salim
Vivantes-Klinikum im
Friedrichshain, Berlin

Einleitung

In Untersuchungen über die Hör- und Sprachentwicklung hörgeschädigter Kinder werden anhand von sprachaudiometrischen Messungen häufig Aussagen über das Sprachverstehen bzw. das Sprachverständnis der Kinder im Rahmen ihrer Sprachentwicklung getroffen. Dabei werden die Begriffe Sprachverständlichkeit, Sprachverstehen und Sprachverständnis vielfach synonym gebraucht.

Nach einer Klärung der Begriffe „Sprachverständlichkeit“, „Sprachverstehen“ und „Sprachverständnis“ sowie einer Darstellung, mit welcher Methodik Daten in sprachaudiometrischen Tests und Sprachentwicklungstests zum Sprachverständnis bzw. Sprachverstehen erhoben werden, sollen anhand einer Studie Aussagen über den Zusammenhang von Ergebnissen aus Sprachentwicklungstests zum Wort- und Satzverständnis und Ergebnissen aus sprachaudiometrischen Einzelwort- und Satztests getroffen werden.

Begriffsbestimmung

Der Begriff „Sprachverständlichkeit“ bezieht sich darauf, ob ein Wort oder Satz in seiner phonetisch-phonologischen Struktur für einen Hörer akustisch verständlich ist. Dazu muss das Wort nicht zum Wortschatz des Hörers gehören, d. h. er muss nicht zwangsläufig die Bedeutung des Wortes oder Satzes kennen (z. B. Palusi, gemmeln, driebig). Diese drei Kunstwörter lassen sich unschwer den Wortarten Nomen, Verb und Adjektiv zuordnen. Sie könnten aufgrund ihrer phonetischen Struktur im deutschen Wortschatz vorkommen. Es sind lediglich Kunstwörter und ihnen kann keine Bedeutung zugeordnet werden, sie sind jedoch für einen normal Hörenden verständlich.

Die Begriffe „Sprachverstehen“ und „Sprachverständnis“ hingegen, entstammen im linguistischen Sinne der Lehre von der Bedeutung der Wörter und Sätze (Semantik) und sagen etwas darüber aus, ob eine Person die Fähigkeit besitzt, den Sinn und die Bedeutung von Wörtern und Sätzen zu erfassen.

Das Sprachverständnis entwickelt sich innerhalb der kindlichen Sprachentwicklung in der Regel parallel zum Sprachgebrauch, geht ihm jedoch meist etwas voran, d. h., bevor ein Kind das Wort „Ball“ aktiv spricht, kann es schon auf einen Ball zeigen, wenn es danach gefragt wird. Von einem beginnenden Wortverständnis kann etwa ab dem zehnten Lebensmonat ausgegangen werden (Kauschke 2008). Spricht ein Kind ein gehörtes Wort nach, kann dennoch nicht davon ausgegangen werden, dass es seine Bedeutung kennt bzw. dass es das Wort „verstanden“ hat.

Zur Methodik von sprachaudiometrischen Tests und Sprachverständnistests

In sprachaudiometrischen Tests wird der Wortschatz der Testitems in der Regel als bekannt vorausgesetzt bzw. kurz zuvor geübt. Damit ist jedoch nicht sichergestellt, dass die Testperson tatsächlich die Bedeutung der Testitems kennt. Der Test selbst wird meist über den Umweg der sehr komplexen und bei Kindern oft fehlerbehafteten Sprachproduktion durchgeführt (z. B. „Uhr“ (Testitem) – „Ohr“ (Antwort des Kindes)). Es stellt sich die Frage, ob das Kind nicht in der Lage ist, das „U“ von „Uhr“ zu sprechen, ob es das Wort „Uhr“ vielleicht gar nicht kennt oder ob es tatsächlich „Ohr“ gehört hat?

Ziel der Sprachverständnistests ist es, herauszufinden, ob die Testitems altersentsprechend verstanden werden d. h. ob das Kind in der Lage ist, dem jeweiligen Wort entsprechend seinem Sprachentwicklungsstand eine Bedeutung zuzuordnen.

Dazu wird zunächst kein konkreter Wortschatz vorausgesetzt. Bei der Testdurchführung wird auf expressive Antworten verzichtet, da sie je nach Entwicklungsalter und bei sprachentwicklungsverzögerten Kindern stark fehlerhaft sein können und zu Fehlinterpretationen verleiten. Dem Kind werden daher Bilder angeboten, die z. B. ein Zielitem und zwei semantische Ablenker (semantisch nah und semantisch weit) enthalten (vgl. Abbildungen 1 – 4) oder das Kind wird aufgefor-

dert, auf einzelne Gegenstände zu zeigen bzw. damit Handlungen auszuführen (vgl. Abbildung 5).

Studie

Innerhalb einer prospektiven Studie wurden 45 mittelgradig schwerhörige bis praktisch taube Kinder mit Sprachentwicklungs- und sprachaudiometrischen Tests untersucht. Elf Kinder waren zum Untersuchungszeitpunkt bilateral mit Hörgeräten, 12 Kinder unilateral mit Cochlea-Implantat (kein Hörgerät kontralateral) und 22 Kinder bilateral mit Cochlea-Implantaten versorgt.

Die Kinder dieser Studie sind von Geburt an hörgeschädigt bzw. haben ihre Hörschädigung innerhalb des ersten Lebensjahres erworben.

Der mittlere Hörverlust (MHV) der Untersuchungsgruppe auf dem besser hörenden Ohr beträgt mindestens 40 dB (500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz). Alle Kinder wachsen einsprachig mit der Muttersprache Deutsch auf und sind durch keinerlei Probleme in ihrer geistigen sowie körperlichen Entwicklung auffällig geworden. Ihr Alter betrug zum Testzeitpunkt 2,5 bis 11,5 Jahre. Die Hörerfahrung mit Hörgeräten bzw. Cochlea-Implantaten reichte von 2,0 bis 10,0 Jahren.

Als Untersuchungsinstrumentarien zur Beurteilung des Sprachentwicklungsstandes wurden je nach Alter und Hörerfahrung der Kinder folgende Testverfahren eingesetzt:

- Patholinguistische Diagnostik von Sprachentwicklungsstörungen (PDSS) (Kauschke & Siegmüller, 2002), normiert für Kinder ab 2,0 bis 6,11 Jahren
- Reynell Developmental Language Scales (Sprachverständnistest) (Reynell, 1997 & Sarimski, 1985), standardisiert für Kinder von 1,0 bis 7,0 Jahren

Mit der PDSS wurden in insgesamt 15 Untertests folgende Ebenen der Sprache untersucht:

- Phonetik/Phonologie (Lautinventar, phonologische Prozesse, Wortbetonung, Phonemdifferenzierung)
- Lexikon/Semantik (Wortverständnis und Wortproduktion für Nomen, Verben, Adjektive und Präpositionen sowie die Fähigkeit, Begriffe zu klassifizieren)
- Grammatik (Beantwortung von W-Fragen sowie die Fähigkeit zum Äußern von Kasusmarkierungen im Dativ, Akkusativ und Plural)

Für den Vergleich mit den Ergebnissen aus den sprachaudiometrischen Tests wurden aus der PDSS die Untertests zur Phonemdifferenzierung sowie das Wortverständnis für Nomen, Verben und Adjektive herangezogen.

- PDSS: Untertest zur Phonemdifferenzierung: 26 ein- und zweisilbige Nomen bzw. Verben (Minimalpaare) mit jeweils zwei Ablenkern (vgl. Abbildung 1)

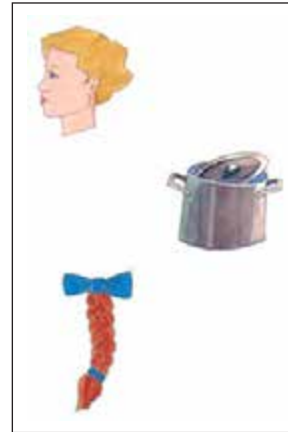


Abbildung 1:
Bildvorlage aus der PDSS,
Untertest: Phonemdifferenzierung
(Zielitem: Kopf, Ablenker 1: Topf,
Ablenker 2: Zopf)

- PDSS: Untertest zum Wortverständnis für Nomen: 20 ein- und zweisilbige Testitems mit jeweils zwei Ablenkern (semantisch nah und semantisch weit, vgl. Abbildung 2)

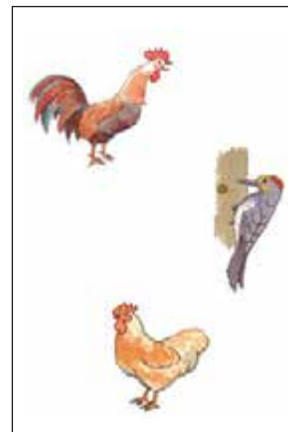


Abbildung 2:
Bildvorlage aus der PDSS
Untertest: Wortverständnis Nomen
(Zielitem: Hahn, Ablenker nah: Henne,
Ablenker weit: Specht)

- PDSS: Untertest zum Wortverständnis für Verben: 20 zweisilbige Testitems mit jeweils zwei Ablenkern (semantisch nah und semantisch weit, vgl. Abbildung 3)

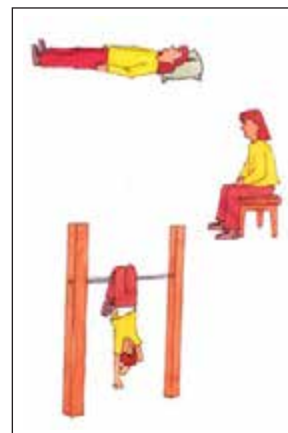


Abbildung 3:
Bildvorlage aus der PDSS
Untertest: Wortverständnis Verben
(Zielitem: liegen, Ablenker nah: sitzen,
Ablenker weit: hängen)

- PDSS: Untertest zum Wortverständnis für Adjektive: 12 ein- und zweisilbige Testitems (z. B. dünn, dick, rund, eckig) sowie sieben Farbadjektive (vgl. Abbildung 4)

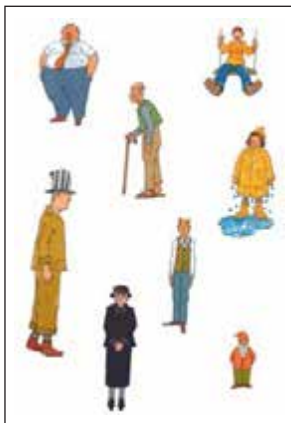


Abbildung 4:
Bildvorlage aus der PDSS
Untertest: Wortverständnis Adjektive
(groß, klein, dick, nass, traurig, alt,
dünn, fröhlich)

- Der Sprachverständnisteil des Reynell Tests untersucht die Sprachverständnisseleistungen von Kindern. Er enthält zehn Untertests mit insgesamt 67 einfachen bis sehr komplexen Frage- bzw. Aufforderungssätzen zu Handlungen, die das Kind ausführen soll (vgl. Abbildung 5). Die Ergebnisse dieses Tests wurden mit allen Ergebnissen der eingesetzten sprachaudiometrischen Tests verglichen.



Abbildung 5: Bildvorlage aus dem Reynell Test, Sprachverständnisteil
Untertest 6: „Worin schlafen wir?“ / „Womit schreiben (malen) wir?“ /
„Womit schneiden wir?“ / „Worin kochen wir?“ / „Womit kehren wir?“

Innerhalb der sprachaudiometrischen Untersuchungen kamen folgende Verfahren zum Einsatz:

- Mainzer Kindersprachtest I, II, III (in Ruhe) (Biesalski et al. 1974) für Kinder im Alter von < vier bis acht Jahren, ohne Bildvorlage, Listen mit jeweils zehn Wörtern, ein-zweisilbige Nomen (z. B. Apfel, Blume, Bett, Löffel), jeweils zwei Testlisten in Ruhe bei 65 dB und 55 dB
- Göttinger Kindersprachverständnistest I, II (in Ruhe) (Chilla et al. 1976, Gabriel et al. 1976) für Kinder im Alter von drei bis sechs Jahren, ohne Bildvorlage, Listen mit jeweils zehn Wörtern, einsilbige Nomen (z. B. Hemd, Schiff, Uhr, Hand, Fisch, Baum), jeweils zwei Testlisten in Ruhe bei 65 dB und 55 dB
- Oldenburger Kinder Reim-Test (OLKi) (Achtzehn et al. 1998, Brand et al. 1999) für Kinder im Alter von sechs bis zehn Jahren, mit Bildvorlage (Minimalpaare), Listen mit jeweils 12 Sätzen (Ankündigungssatz + Nomen oder Verb, vgl. Abbildung 6), jeweils zwei

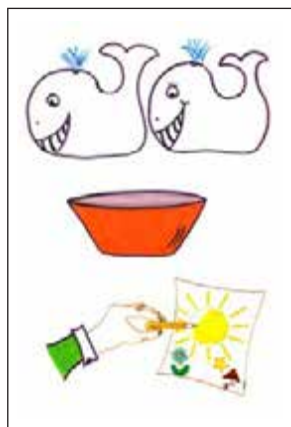


Abbildung 6:
Bildvorlage aus dem OLKi
(„Bitte zeige das Bild: male.“)

Testlisten in Ruhe bei 65 dB und 55 dB, jeweils zwei Testlisten im Störschall (fix) $S = 65$ dB, $S/N = 10$ dB, $S0N0$, jeweils zwei Testlisten im Störschall (fix) $S = 65$ dB, $S/N = 0$ dB, $S0N0$

- Oldenburger Kinder Satztest (OLKiSa) (Wagener & Kollmeier 2005) für Kinder im Alter von sechs bis zehn Jahren, ohne Bildvorlage, Listen mit jeweils 12 Drei-Wort-Sätzen: Zahlwort + Farbadjektiv + Nomen (z. B. „fünf nasse Autos“, „sieben kleine Steine“), zwei Testlisten in Ruhe, nicht adaptiv bei 65 dB, zwei Testlisten in Ruhe adaptiv 50 % Schwelle, ab 65 dB, zwei Testlisten im Störschall (fix), 50 % Schwelle, S ab 65 dB, $S/N = 0$ dB, $S0N0$

Ergebnisse

Die jeweiligen Vergleiche der sprachaudiometrischen- und Sprachverständnistests erfolgten entsprechend dem verwendeten Wortmaterial in den durchgeführten Tests.

Die Ergebnisse der Sprachverständnistests (PDSS und Reynell) liegen in drei Kategorien „normal für das Höralter“, „auffällig für das Höralter“ und „stark auffällig für das Höralter“ vor.

Als Beginn des Höralters der Kinder wurde die Erstanpassung der Hörgeräte bzw. des ersten CIs festgelegt.

Verglichen wurden jeweils die Ergebnisse des Mainzer Kindersprachtests sowie die Ergebnisse des Göttinger Kindersprachverständnistests mit den Ergebnissen aus dem Untertest der PDSS zum Wortverständnis für Nomen (vgl. Abbildung 2) und dem Sprachverständnisteil des Reynell Test (vgl. Abbildung 5).

Die Ergebnisse des OLKi wurden entsprechend dem darin verwendeten Wortmaterial mit den Ergebnissen aus der PDSS zur Phonem-differenzierung (vgl. Abbildung 1) sowie zum Wortverständnis für Nomen und Verben (vgl. Abbildungen 2 und 3) sowie mit dem Sprachverständnisteil des Reynell Tests verglichen.

Die Ergebnisse des OLKiSa wurden ebenso entsprechend dem darin verwendeten Wortmaterial mit den Ergebnissen aus der PDSS zum Wortverständnis für Nomen und Adjektive (vgl. Abbildungen 2 und 4) sowie mit dem Sprachverständnisteil des Reynell Tests (vgl. Abbildung 5) verglichen.

Neben der Darstellung der entsprechenden Zusammenhänge der Testergebnisse in grafischer Form erfolgte eine Berechnung der Korrela-

tionen nach Kendall-Tau-b ($p > 0.05$ nicht signifikant = n. s., $p \leq 0.05$ signifikant = *, $p \leq 0.01$ sehr signifikant = **) (vgl. Abbildung 7).

Vergleich des Mainzer Kindersprachtests mit dem Wortverständnis für Nomen (PDSS) und dem Sprachverständnisteil des Reynell Tests

Wünschenswert wäre, dass diejenigen Kinder, deren Sprachverständlichkeit im sprachaudiometrischen Test sehr hoch ist, auch in den Sprachentwicklungstests für ihr jeweiliges Höralter normale Ergebnisse im Sprachverständnis erreichen. Umgekehrt müssten Kinder mit geringerer Sprachverständlichkeit in den sprachaudiometrischen Tests ein auffälliges oder stark auffälliges Sprachverständnis in den Sprachentwicklungstests zeigen.

Kinder, deren Wortverständnis für Nomen (PDSS) sowie ihr Sprachverständnis allgemein (Reynell Test) für ihr jeweiliges Höralter normal entwickelt sind, zeigen in den Ergebnissen des Mainzer Kindersprachtests gemessen bei 65 und 55 dB eine große Streuung. Lediglich für den Mainzer gemessen bei 55 dB korrelieren die Ergebnisse mit den Ergebnissen im Wortverständnis für Nomen. In allen anderen Testvergleichen liegen keine Korrelationen vor (vgl. Abbildung 7).

Vergleich des Göttinger Kindersprachverständnistests mit dem Wortverständnis für Nomen (PDSS) und dem Sprachverständnisteil des Reynell Tests

Die Ergebnisse des Göttinger Kindersprachverständnistests korrelieren als einzige in beiden Messkonditionen (bei 65 dB und 55 dB) sowohl mit den Ergebnissen im Wortverständnis für Nomen aus dem PDSS-Test als auch mit den Ergebnissen des Reynell Tests (vgl. Abbildung 7).

Vergleich des Oldenburger Kinder Reim-Tests (OLKi) mit dem Wortverständnis für Nomen (PDSS), dem Wortverständnis für Verben (PDSS), der Phonemdifferentierung (PDSS) und dem Sprachverständnisteil des Reynell Tests

Das Wortmaterial des OLKi (vgl. Abbildung 6) besteht aus einem Zielitem und jeweils zwei phonetisch ähnlichen Alternativen (Minimalpaaren) verschiedener Wortarten (Nomen und Verben), die in den Testlisten nicht wie in der PDSS homogen verwendet, sondern gemischt angeboten werden (z. B. Wale – male – Schale). Darüber hinaus werden in den Testlisten Wörter mit unterschiedlichen Kasusmarkierungen an Nomen (z. B. Haaren – Hafen – Hasen) sowie unterschiedliche Numeri der Nomen (z. B. Sahne – Sonne – Söhne) dargeboten. In der Testsituation reagieren Kinder nicht selten irritiert auf diese linguistischen Vermischungen und lassen sich dadurch von der eigentlichen Aufgabenstellung ablenken (Zichner 2012).

Hauptanliegen des OLKi ist, herauszufinden, ob Wörter mit minimalen phonetischen Unterschieden für Kinder verständlich sind. Jedoch korrelieren die Ergebnisse des OLKi gemessen in Ruhe bei 65 dB und 55 dB sowie in den beiden Messbedingungen im Störgeräusch nur in der Konstellation, wenn der Signal-Rausch-Abstand 10 dB beträgt (vgl. Abbildung 7). In den drei anderen Messkonstellationen liegen keine Korrelationen der Ergebnisse vor.

Da der OLKi als Wortmaterial Nomen und Verben verwendet, wurden die Ergebnisse ebenso wie beim Mainzer Kindersprachtest und beim Göttinger Kindersprachverständnistest mit den Ergebnissen aus den entsprechenden Untertests der PDSS sowie dem Reynell Test verglichen.

Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der Sprachentwicklungs- und sprachaudiometrischen Tests											
	Mainzer in Ruhe		Göttinger in Ruhe		OLKI in Ruhe		OLKI im Störgeräusch (fix), S ₀ N ₀		OLKISa in Ruhe		OLKISa im Störgeräusch (fix), S ₀ N ₀
	65 dB	55 dB	65 dB	55 dB	65 dB	55 dB	S = 65 dB S/N = 10 dB	S = 65 dB S/N = 0 dB	nicht adaptiv 65 dB	adaptiv ab 65 dB 50 % Schwelle	adaptiv, S ab 65 dB 50 % Schwelle
PDSS											
Phonetik/Phonologie Phonemdifferentierung					n. s.	n. s.	*	n. s.			
Lexikon/Semantik Wortverständnis Nomen	n. s.	**	**	**	**	*	**	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
Lexikon/Semantik Wortverständnis Verben					n. s.	*	*	n. s.			
Lexikon/Semantik Wortverständnis Adjektive									n. s.	n. s.	n. s.
Reynell-Test											
Sprachverständnis gesamt	n. s.	n. s.	**	*	*	n. s.	**	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

Korrelation nach Pearson ($p > 0,05$ nicht signifikant = n. s., $p \leq 0,05$ signifikant = *, $p \leq 0,01$ sehr signifikant = **)

Abbildung 7: Korrelationen für die sprachaudiometrischen Tests und Sprachentwicklungstests

Statistisch signifikante Korrelationen liegen im Wortverständnis für Nomen (PDSS) in drei Messkonditionen (OLKI in Ruhe bei 65 dB, 55 dB und in Noise bei einem Signal-Rausch-Abstand von 10 dB) vor (vgl. Abbildung 7).

Im Wortverständnis für Verben (PDSS) fanden sich statistisch signifikante Korrelationen zum OLKI nur bei der Messung in Ruhe bei 55 dB und in Noise ebenfalls bei einem Signal-Rausch-Abstand von 10 dB (vgl. Abbildung 7).

Für den Sprachverständnisteil des Reynell Tests zeigen sich in zwei von vier Messkonditionen statistisch signifikante Korrelationen zum OLKI (in Ruhe bei 65 dB und im Störgeräusch wiederum bei einem Signal-Rausch-Abstand von 10 dB (vgl. Abbildung 7).

Vergleich des Oldenburger Kinder Satztests (OLKiSa) mit dem Wortverständnis für Nomen (PDSS), dem Wortverständnis für Adjektive (PDSS) und dem Sprachverständnisteil des Reynell Tests

Für den Vergleich des OLKiSa mit den Sprachverständnistests wurden die Ergebnisse der Untertests zum Wortverständnis für Nomen und Adjektive sowie der Reynell Test herangezogen.

Anhand der vorliegenden Daten konnte für keine der Messbedingungen eine statistisch signifikante Korrelation zu den Ergebnissen der Sprachverständnistests gefunden werden (vgl. Abbildung 7).

Diskussion

Kinder mit ihrem Höralter entsprechend normal entwickelten rezeptiven sprachlichen Fähigkeiten (Sprachverständnis/Sprachverstehen) erreichen in sprachaudiometrischen Untersuchungen sowohl sehr gute als auch schlechte Leistungen. Nicht selten sind die Ergebnisse der Kinder, die in den Sprachverständnistests (PDSS und Reynell Test) für ihr jeweiliges Höralter normale Leistungen erreichen, in den sprachaudiometrischen Tests schlechter bzw. auf dem gleichen Leistungsniveau wie die derjenigen Kinder, die für ihr jeweiliges Höralter stark auffällige Ergebnisse in den Sprachverständnistests (PDSS und Reynell Test) zeigen.

Somit kann davon ausgegangen werden, dass nahezu kein Zusammenhang zwischen Ergebnissen aus sprachaudiometrischen Messungen und den tatsächlichen Sprachverständnisleistungen der Kinder besteht.

Anhand von Ergebnissen aus sprachaudiometrischen Untersuchungen können daher nicht das Verstehen von Sprache (Sprachverständnis) gemessen oder Aussagen über die Sprachentwicklung von Kindern getroffen werden.

Die sprachaudiometrischen Tests haben im Vergleich zu den Sprachentwicklungstests vor allem ein methodisches Problem. Das Sprachverständnis (Rezeption) wird häufig (in der offenen Antwortform) über den Umweg der sehr komplexen – und gerade bei hörgeschädigten und sprachentwicklungsverzögerten Kindern häufig auffälligen – Sprachproduktion ermittelt.

Sprachverständnistests hingegen verzichten auf expressive Antworten der Kinder. Ziel dieser Testverfahren ist, den Umfang des passiven Wortschatzes zu ermitteln, in dem die Testperson auf ein gesuchtes

Item, welches von (semantischen) Ablenkern umgeben ist, zeigen (PDSS) bzw. nach entsprechender Aufforderung, Handlungen mit Gegenständen vollziehen soll (Reynell Test).

Die errechneten Korrelationen zeigen, dass die sprachaudiometrischen Tests etwas mit Sprache zu tun haben, aber nicht genau mit dem, was sie häufig vorgeben zu testen: dem Sprachverständnis.

Zusammenfassung

Daten aus Sprachentwicklungstests zum Sprachverständnis und Messergebnisse aus sprachaudiometrischen Untersuchungen zur Sprachverständlichkeit korrelieren zum überwiegenden Teil nicht oder kaum miteinander. Um den Sprachentwicklungsfortschritt von Kindern zu dokumentieren sind altersentsprechende Sprachentwicklungstests unerlässlich und können nicht durch sprachaudiometrische Messungen ersetzt werden.

Sprachaudiometrische Untersuchungen dienen hingegen der Dokumentation des Fortschritts der Sprachverständlichkeit in der individuellen Hörentwicklung eines Kindes.

Ergebnisse aus sprachaudiometrischen Messungen sollten nicht mit den linguistischen Begriffen „Sprachverständnis“ oder „Sprachverstehen“, sondern eher beschreibend mit „Sprachverständlichkeit“ bezeichnet werden.

Literatur

- Achtzehn J et al. (1998) Der Oldenburger Kinder-Reimtest. In: Gross M (Hrsg.) Aktuelle phoniatrische Aspekte, Bd. 6, Median-Verlag, Heidelberg
- Biesalski P et al. (1974) Der Mainzer Kindersprachtest. HNO 22, S. 160–161
- Brand T, Achtzehn J, Kollmeier B (1999) Erstellung von Testlisten für den Oldenburger Kinder-Reimtest. Z Audiol Suppl. II, S. 50–51
- Chilla R et al. (1976) Der Göttinger Kindersprachverständnistest. I. Sprachaudiometrie des „Kindergarten“- und retardierten Kindes mit einem Einsilber-Bildtest. HNO 24, S. 342–346
- Eisenberg LS, Kirk KI, Martinez AS, Ying EA, Miyamoto RT (2004) Communication Abilities of Children With Aided Residual Hearing. Arch Otolaryngol Head Neck Surg, 130 (5), S. 563–569
- Gabriel P et al. (1976) Der Göttinger Kindersprachverständnistest. II. Sprachaudiometrie des Vorschulkindes mit einem Einsilber-Bildtest. HNO 24, S. 399–402
- Hacker M, Steffens T (2006) Ein Vergleich des Sprachverstehens im Störgeräusch bei Kindern mit CI- und Hörgeräteversorgung. DGA, 9. Jahrestagung, Köln, ISBN 3-9809869-5-0
- Harrison RV, Gordon KA, Mount RJ (2005) Is There a Critical Period for Cochlear Implantation in Congenitally Deaf Children? Analyses of Hearing and Speech Perception Performance after Implantation. Wiley Periodicals, Inc. Dev Psychobiol, 46, S. 252–261
- Illg A, Giourgas A, Lesinski-Schiedat A, Büchner A, Lenarz T (2013) Sprachverständnisleistungen bei sequentiell bilateral versorgten Kindern und Jugendlichen. DGA, 16. Jahrestagung, Rostock
- Kauschke Ch, Siegmüller J (2002) Patholinguistische Diagnostik bei Sprachentwicklungsstörungen. Urban & Fischer, München, Jena
- Keilmann A, Gaida A (2005) Göttinger Kindersprachtest als Untersuchungsinstrument nach Cochlea Implantation bei Kindern. DGA, 8. Jahrestagung, Göttingen
- Laszig R, Aschendorff A, Beck R, Schild C, Kröger S, Wesarg T, Arndt S (2009) Langzeitergebnisse nach Kochleaimplantatversorgung bei Kindern. HNO, 57, S. 657–662
- Lesinski-Schiedat A, Illg A, Warnecke A u. a. (2006) Kochleaimplantation bei Kindern im 1. Lebensjahr. HNO, 7, S. 565–572
- Reynell J (1997) The Reynell Developmental Language Scales III. NferNelson, Windsor, Berkshire
- Sarimski K (1985) Sprachentwicklungsskalen. Gerhard Röttger, München
- Sendlmeier WF (1992) Sprachverarbeitung bei pathologischem Gehör. Thieme, Stuttgart, New York
- Steffens T, Hacker M (2009) CI-Indikation auf der Basis des Oldenburger Kinder-Satztests (OLKISA) im Störgeräusch. DGA, 12. Jahrestagung, Innsbruck, ISBN 3-9809869-9-3
- Svirsky MA, Robbins AM, Kirk KI, Pisoni DB, Miyamoto RT (2000) Language Development in profoundly deaf Children with Cochlear Implants. Psychological Science, 11 (2), S. 153–158
- Wagener K, Kollmeier B (2005) Evaluation des Oldenburger Satztests mit Kindern und Oldenburger Kinder-Satztest. ZfA 44, S. 134–143
- Zichner S (2012) Hörgeräte versus Innenohrprothese. Audiometrische Indikation für eine Cochlea Implantation bei prälingual hörgeschädigten Kindern. In Sendlmeier W (ed.): Mündliche Kommunikation, Band 8, Logos, Berlin

Hörgeräteversorgung bei Kindern aus der Sicht von Eltern



Lars Makowski,
Wunstorf

Unsere Familie ist laut – manchmal sogar sehr. So laut, dass es Wochenendtage gibt, an denen man nachmittags mal für 20 Minuten das Haus verlassen muss, weil einem die Ohren schmerzen vom Lautstärkepegel der Kinder.

Warum ist es so laut? Nun – man könnte sagen, wir haben drei Jungs. Da geht es einfach oft hoch her. Das Verhältnis der Kinder zueinander ist sehr innig. In allen Belangen. Es wird viel Zeit zusammen gebracht, gespielt, gelacht und manchmal ist es zwischen ihnen auch so, dass eben jemand „fühlen“ muss, wenn er nicht „hören“ will. Dies ist aber wohl in vielen Familien, die mehrere Kinder haben, ähnlich.

Es ist aber auch so, dass wir bei unseren drei Kindern annähernd das gesamte Spektrum des Hörens bis hin zum Nicht-Hören-Können miterleben können: Unser jüngster Sohn ist zum heutigen Zeitpunkt fünf Jahre alt und normal hörend. Obwohl er es zuweilen, und insbesondere wenn es um das Thema Zubettgehen geht, wirklich mit Akribie versucht, uns vom Gegenteil zu überzeugen, sagen dies zumindest alle bisherigen Tests.

Unsere großen Söhne sind zurzeit fast zehn Jahre alt. Erik ist seit seinem fünften Lebensjahr CI-Träger – mittlerweile auf beiden Seiten. Er ist hochtontaub und mit Hybrid-L-Elektroden versorgt. Simon ist leichtgradig schwerhörig und auf beiden Seiten seit seinem fünften Lebensjahr mit Hörgeräten versorgt.

Sie sind Zwillinge und in der 31. SSW auf die Welt gekommen. Direkt nach der Geburt wurden beide Kinder mit einem Darmverschluss in die Kinderklinik verlegt. Es folgten diverse OPs mit Darmteilresektionen, Anus-*praeter*-Anlage- und Rückverlagerungen, Blutvergiftungen, Bluttransfusionen, Liquorpunktionen und jeder Menge Antibiotika.

Retrospektiv denken wir, dass die Antibiose insbesondere mit Gentamicin für die Hörschädigung verantwortlich ist. Vielleicht aber auch nur die Frühgeburtlichkeit. Letztendlich ist das aber auch vollkommen irrelevant, denn ohne diese Medikamente hätten unsere Kinder diese ersten Wochen nicht überlebt. Letztendlich sind beide gesund und munter mit unauffälligen OAEs beim einen (Erik – später Cochlea-Implantat) und nicht durchgeführten OAEs (Simon – später Hörgeräte) nach drei Monaten entlassen worden.

Jedoch war zu diesem Zeitpunkt davon ausgegangen worden, dass eine Mukoviszidose besteht. Diese Verdachtsdiagnose überschattete – obwohl letztendlich glücklicherweise nicht bestätigt – die ersten Lebensmonate derart, dass weitere Hörtests in Vergessenheit gerieten. Erst als bei unserem Sohn, der später CIs tragen sollte, die Sprachentwicklung nicht entsprechend einsetzte, wurden wir hellhörig.

Dennoch dauerte die weitere Diagnostik noch einmal Wochen und Monate, da insbesondere aufgrund der zweisprachigen Erziehung unserer Kinder – meine Frau ist Griechin – sowie deren Zwillingsdasein von pädiatrischer Seite immer noch von einer normalen Entwicklung ausgegangen und von Hörtests abgeraten wurde. Erst auf wiederholtes Hinweisen auf die unserer Ansicht nach bestehenden Defizite wurde bei Erik eine BERA in Narkose durchgeführt. Die Diagnose „Taubheit“ wurde uns direkt im Anschluss im voll besetzten Wartezimmer mitgeteilt.

Einige Tage später wurde uns in einem Gespräch angeraten, über eine Cochlea-Implantat-Versorgung nachzudenken. Eine weitere Nachverfolgung oder Information über die weitere verbindliche Betreuung erfolgte erst einmal nicht. Über die Pädaudiologie der Medizinischen Hochschule sind wir dann letztendlich zur CI-Versorgung gekommen.

Da Erik besonders betroffen war und eine Cochlea-Implantat Versorgung anstand, geriet die Versorgung von Simon etwas ins Hintertreffen, zumal seine bisherige Entwicklung völlig normal verlief. Erst als Eriks postoperative Rehabilitation abgeschlossen war, haben wir die Versorgung von Simon in Angriff genommen.

Simon ist seit 2010 mit Hörgeräten auf beiden Seiten versorgt. Beide Kinder waren im Regel-Kindergarten, sind logopädisch betreut worden und haben Frühförderung durch das Landesbildungszentrum für Hörgeschädigte in Hildesheim erhalten.

Sowohl von schulärztlicher Seite als auch von der Förderschule Schwerpunkt Hören in unserem Wohnort Hannover wurde der Besuch der Regelgrundschule empfohlen. Wir haben jedoch sonderpädagogischem Unterstützungsbedarf feststellen lassen, so dass unsere Kinder nun mittlerweile in der vierten Klasse der Regel-Grundschule integrativ beschult werden. Dies bedeutet, dass im Vorfeld der Einschulung Räume mit schalldämmendem Material und Lehrer mit FM- sowie die Klasse mit Soundfieldanlagen ausgestattet wurden. Zusätzlich besteht der Anspruch auf drei Stunden Hörförderunterricht pro Woche. Die Schule wird parallel durch den mobilen Dienst des Förderschwerpunkts Hören betreut, welcher der Schule beratend zur Seite steht.

Zusammenfassend verliefen die letzten dreieinhalb Jahre unproblematisch. Die Leistungen sind im guten Bereich. Die Kinder haben für die fünfte Klasse eine Empfehlung fürs Gymnasium. Das von uns befürchtete Lästern oder eine Ausgrenzung durch Mitschüler ist bisher völlig ausgeblieben. Sie sind Mitglied im Schwimmverein sowie begeisterte E-Jugendfußballer. Hausaufgaben sind doof, die Eltern

manchmal auch, das Leben läuft ansonsten aber normal. Einzig eine gewisse Eitelkeit meiner Kinder sorgt bei ihnen manchmal für Unmut bezüglich ihres „Hörschicksals“.

Der anstehende Schulwechsel scheint nun jedoch etwas problematischer zu werden. Wir haben mit den Koordinatoren von drei weiterführenden Schulen gesprochen, jedoch nie ein „Wir schaffen das schon!“ als Antwort erhalten. Vielmehr wird sehr auf die möglichen Probleme hinsichtlich der apparativen Ausstattung und baulichen Veränderung hingewiesen. Probleme, die im Vorfeld nicht bestanden haben, oder einfach gelöst wurden. Es scheint hier von Schul- und Lehrerseite manchmal Umstände zu machen, die eigene Komfortzone zu verlassen. Wir hingegen machen uns insbesondere Sorgen hinsichtlich der Klassen- und Schulgröße und über das entsprechende akustische Niveau. Aber wir sind zuversichtlich, dass die Kinder auch hier ihren Weg gehen werden.

Rückblickend betrachtet erfasst uns, insbesondere hinsichtlich der späten Diagnose der Hörstörung, ein gewisses Unverständnis – hier jedoch insbesondere uns als Eltern und uns als Ärzten gegenüber. Wir hätten hier früher insistieren müssen. Ebenso erscheint die wenig emphatische Art der Diagnoseübermittlung sowie die fehlenden Informationen über die weitere Betreuung und Therapie von Erik und Simon in der Nachschau nicht unbedingt optimal. Der positive Verlauf in der bisherigen Entwicklung unserer Kinder lässt dies jedoch mittlerweile in den Hintergrund treten.

Insgesamt sehen wir es als großes Glück in einer Stadt zu wohnen, in der die Diagnostik und Therapie von Hörstörungen bei Kindern eine lange und erfolgreiche Tradition hat, da wir sehr von den kurzen Wegen und zahlreichen Möglichkeiten sowie von der Erfahrung profitieren.

Unsere aktuelle Situation stellt sich so dar, dass die Betreuung von Erik als CI-Träger bis ins Detail organisiert und für die Zukunft genau festgelegt erscheint. Wir wissen jederzeit um den nächsten Termin und um das weitere Prozedere. Es ist nahezu unmöglich, als CI-Träger durch ein Raster zu fallen und verloren zu gehen. Anders verhält es sich mit Simon. Es scheint eine so intensive Betreuung hörgeschädigter Kinder, die „nur“ Hörgeräteträger sind, in unserer Region nicht zu geben.

Wir fühlen uns hervorragend betreut durch unseren HNO-Arzt sowie unseren Hörgeräteakustiker. Im Rahmen der Ausarbeitung dieses Kolloquiumbeitrages stellte sich uns jedoch schon die Frage, ob diese Betreuung auch ausreichend ist.

An dieser Stelle sei nun aber auch abschließend und deutlich herausgestellt, dass das Leben mit unseren und für unsere hörgeschädigten Kinder aus unserer Sicht in den letzten Jahren unerwartet problemlos verlief. Unsere anfangs eher negativen Erlebnisse sind lange her und die Screeningmethoden sowie die Sicherstellung einer möglichst umfassenden und frühen Erfassung hörgeschädigter Kinder sind mittlerweile sicherlich deutlich fortgeschritten.

Children who are hard of hearing: Still forgotten?



*Elizabeth Walker,
University of Iowa*

Hearing loss (HL) in childhood is a relatively common condition, with 15 % of children experiencing some degree of significant HL in one or both ears (Niskar et al. 1998). Despite evidence that compromised hearing could have serious effects on the lives of these children, there has been very little research to evaluate the impact of mild to severe hearing loss on children with no additional disabilities. Furthermore, we lack a systematic evaluation of the effectiveness of audiologic and educational interventions, despite the fact that considerable effort and money is expended toward these services. The goal of the current paper is to describe the results from a recent multicenter, longitudinal study which focused on the factors that influence functional outcomes for children who are hard of hearing.

“Our Forgotten Children”

Julia Davis was one of the first researchers to point out the paucity of research and information on evidence-based practice for children who are hard of hearing. Davis and her colleagues published several papers over two decades ago focusing on outcomes of children with mild to severe hearing loss (Davis 1974; Davis et al. 1986; Elfenbein, Hardin-Jones, Davis 1994). They observed that any degree of hearing loss, including mild hearing loss, places a child at risk for delays in language, social, and academic domains. In 2006, the National Institute on Deafness and Other Communication Disorders convened a panel of experts on childhood HL. The panel identified a number of research needs specific to children who are hard of hearing, which was the impetus for a large, collaborative project known as the Outcomes of Children with Hearing Loss (OCHL) study. Subsequently, the National Institutes of Health awarded funding to the OCHL study, which consists of a group of researchers at the University of Iowa, Boys Town National Research Hospital, and University of North Carolina – Chapel Hill. The OCHL-team, led by principal investigators Mary Pat Moeller and J. Bruce Tomblin, has brought much-needed attention to issues related to the current generation of infants and preschoolers who are hard of hearing in the United States, most of whom had access to newborn hearing screening and early intervention services.

The criteria for participation in the OCHL study are described in a recent article (Tomblin et al. 2015). Briefly, children presented with a

persistent bilateral HL (sensorineural, mixed, and permanent conductive) with a better-ear three- or four-frequency pure-tone average (BEPTA) no better than 25 dB HL and no poorer than 75 dB HL. For all participants, at least one primary caregiver spoke English in the home. Exclusionary criteria included significant cognitive, visual, or motor impairments, and use of cochlear implants. Children who used manual systems as their primary means of communication were also excluded from the study. These inclusionary and exclusionary criteria were based on the primary study aim, which was to isolate the effects of mild to severe hearing loss on outcomes. Three hundred seventeen children with hearing loss participated in the study, while 117 children with normal hearing were enrolled as a comparison group. The children with normal hearing were matched to the children with hearing loss on age and socio-economic status. As part of the procedures for the OCHL study, children and their families participated in an initial baseline visit, followed by visits twice a year for children under age two years and annual visits for children two years and older.

The overarching goal of the project was to describe the current generation of children who are hard of hearing. As of 2013 (the most recent year that data were available) in the United States, 97 % of all newborns were screened for hearing loss at birth, and 1.6 % did not pass the screening. Eighty-seven percent of the infants who were diagnosed with hearing loss after failing the hearing screening were referred for federal- and state-funded early intervention services (U.S. Centers for Disease Control 2016). The investigators on the OCHL project followed the cohort of 317 children prospectively, with the aim of determining whether they were achieving expected outcomes, relative to same-age peers with normal hearing. Furthermore, we sought to identify factors that could influence access to the speech spectrum, specifically, aided audibility, amount of hearing aid use, and linguistic input from parents (Moeller & Tomblin 2015). Prior research focused on the influence of degree of hearing loss on outcomes, based on the assumption that milder degrees of hearing loss would result in stronger outcomes. Our view is that degree of hearing loss does not operate in isolation; rather, linguistic experience accumulates over time based on the amount of auditory access that is available to the child. When access is limited or distorted, due to poorly-fit amplification or inconsistent device use, children with hearing loss are at risk for language delays, regardless of the degree of hearing loss.

In order to explore how these predictor variables – aided audibility and amount of daily hearing aid use – influence outcomes for children with hearing loss, the OCHL team first explored the individual differences within the predictor variables themselves. McCreery, Bentler, and Roush (2013) and McCreery et al. (2015) investigated the aided audibility of speech and proximity of hearing aid fittings to prescriptive targets for children in the study. Aided audibility was quantified in terms of the Speech Intelligibility Index (SII), a metric for determining the amount of access to the speech spectrum. Proximity of fitting to target was quantified by calculating the average root-mean-square

(RMS) error of the fitting relative to prescriptive targets at 5, 1, 2, and 4 kHz. Results showed wide variability in both aided SII and RMS error for the children with hearing aids. McCreery et al. (2013) reported that 45 % of children had at least one hearing aid that was within 5 dB RMS of prescriptive targets (5 dB or less was considered to be adequate proximity to targets, based on the adult hearing aid literature), leaving 55 % of the children to have at least one hearing aid that was less-than-adequately fit to target. McCreery et al. (2015) compared OCHL participants' aided SII values to the normative range for SII based on degree of hearing loss (Bagatto et al. 2011) and found that about 35 % of children had aided SII that was below average compared to the normative data for at least one study visit, suggesting that a significant number of children were not optimally fit with their hearing aids. These results support the importance of using prescriptive targets and evidence-based hearing aid verification methods when fitting hearing aids on children.

The OCHL group has also published research examining individual differences in amount of daily hearing aid use (Walker et al. 2015; Walker et al. 2013). Daily hearing aid use was measured in two ways: 1) parents were asked to estimate how many hours per day their child wore hearing aids, on average, and 2) data logging values. Data logging is a capacity built into most modern hearing aids, in which the hearing aid software provides a report of how often the hearing aid battery has been activated, and thus, the average number of hours per day the hearing aid has been turned on. Walker et al. (2013) examined factors that influence hearing aid use in the pediatric population. Children who were older, had more severe hearing loss, or had mothers with more education wore hearing aids more hours than children who were younger, had milder loss, or had mothers with less education. On average, infants (six to 24 month olds) wore hearing aids 4 hours per day, preschoolers (two to four year olds) wore hearing aids 7.5 hours per day, and school-age children (five to nine year olds) wore hearing aids ten hours per day (Walker et al. 2015). Within each of these age groups, there was a great deal of variability, however, suggesting that not all families are achieving best-practice recommendations of wearing the hearing aids during all waking hours.

The primary goal of the OCHL study was to identify malleable factors that may have an effect on developmental outcomes for children who are hard of hearing. The papers reviewed above demonstrate that there are individual differences in auditory access among children with hearing loss, with respect to the adequacy of hearing aid fitting and the consistency of daily hearing aid use. The next question to be addressed is whether or not these factors, which are both amenable to intervention, actually have an impact on language acquisition. Tomblin et al. (2015) examined the long-term growth rates of children who participated in the OCHL study to determine whether the benefit from aided hearing and amount of daily hearing aid influences language development. Growth curve analysis is a statistical approach in which we can evaluate how individuals' language skills change in relation to their peers. If a child's growth rate is flat, he/she is maintaining the same level of performance compared to the normative sample over time (neither catching up nor falling further behind). If a child's growth rate is increasing, he/she is making greater progress over time compared to the normative sample, effectively closing the gap between him/herself and same-age peers with normal hearing. If a child's growth rate is decreasing, he/she is falling further behind the normative sample, generating more of a language delay with age.

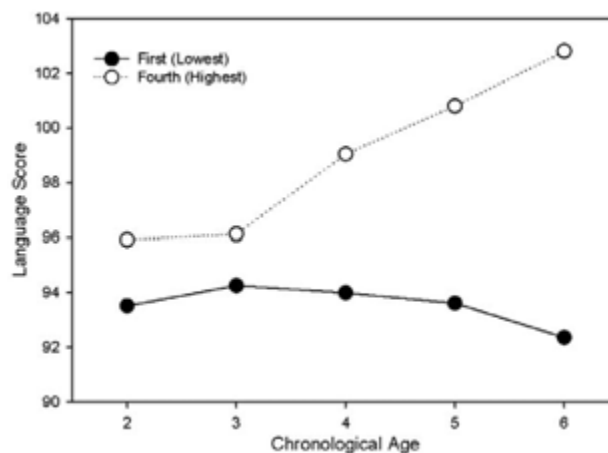


Figure 1: Average predicted language scores for children who are hard of hearing across 2 to 6 years of age. Black circles represent children with the poorest aided audibility, after controlling for degree of hearing loss. White circles represent children with the best aided audibility, after controlling for degree of hearing loss.

By examining growth rates in the children who participated in the study, Tomblin et al. (2015) were able to demonstrate the long-term benefits of appropriately-fit and consistently-worn amplification. As Figure 1 shows, children who received the most benefit from their hearing aids (i. e., children who had the highest aided SII after controlling for unaided hearing) showed the steepest growth trajectories; thus, they were able to improve their relative standing in relation to the normal-hearing control group, and essentially “catch up” to their peers. Children with the lowest aided SII (i. e., children who were underamplified with their hearing aids) showed essentially no change in their growth rates over time and maintained the same level of language delay as they grew older. Consistency of hearing aid use also had an effect on long-term growth rates. Children who wore their hearing aids more than ten hours per day demonstrated a positive growth rate over time, whereas children who wore hearing aids less than ten hours per day display a downward trajectory. These results have important implications for audiologists, speech-language pathologists, pedagogues, and related service providers, as the findings offer specific best practice recommendations. In particular, we see that there are malleable factors that promote successful outcomes and protect children with hearing loss who are risk for language delays (Moeller, Tomblin, & the OCHL Collaboration 2015).

A summary of the findings from the first five years of data collection for the OCHL project have been published in a recent supplement in *Ear and Hearing* (Tomblin & Moeller 2015). We are continuing to follow this unique cohort of children as they enter primary grades, in two projects entitled “Outcomes of School Age Children who are Hard of Hearing” and “Complex Listening Skills in School-Age Hard of Hearing Children.” Our goal is to document the needs of children who are hard of hearing in school settings, as their areas of strength and vulnerabilities may go unrecognized and hearing loss in the mild to severe range is often an invisible disability. In the words of Dr. Julia Davis, these children will no longer be “Our Forgotten Children.”

References

- Bagatto MP, Moodie ST, Malandrino AC, Richert FM, Clench DA, Scollie SD (2011) The University of Western Ontario pediatric audiological monitoring protocol (UWO PedAMP). *Trends in amplification*, 15 (1), p. 57-76

- Davis J (1974) Performance of young hearing-impaired children on a test of basic concepts. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 17 (3), p. 342-351
- Davis JM, Elfenbein J, Schum R, Bentler RA (1986) Effects of mild and moderate hearing impairments on language, educational, and psychosocial behavior of children. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 51 (1), p. 53-62
- Elfenbein JL, Hardin-Jones MA, Davis JM (1994) Oral communication skills of children who are hard of hearing. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 37 (1), p. 216-226
- McCreery RW, Bentler RA, Roush PA (2013) Characteristics of Hearing Aid Fittings in Infants and Young Children. *Ear and Hearing*, 34 (6), p. 701-710
- McCreery RW, Walker EA, Spratford M, Bentler R, Holte L, Roush P, Moeller MP (2015) Longitudinal predictors of aided speech audibility in infants and children. *Ear and hearing*, 36, p. 24S-37S
- Moeller MP, Tomblin JB (2015) An introduction to the Outcomes of Children with Hearing Loss study. *Ear and Hearing*, 36, p. 4S-13S
- Moeller MP, Tomblin JB, the OCHL Collaboration (2015) Epilogue: Conclusions and implications for research and practice. *Ear and Hearing*, 36, p. 92S-98S
- Niskar AS, Kieszak SM, Holmes A, Esteban E, Rubin C, Brody DJ (1998) Prevalence of hearing loss among children 6 to 19 years of age: The Third National Health and Nutrition Examination Survey. *JAMA*, 279 (14), p. 1071-1075
- Tomblin JB, Moeller MP (2015) Editorial: The Outcomes of Children with Hearing Loss Study. *Ear and Hearing*, 36, p. 1S-3S
- Tomblin JB, Walker EA, McCreery RW, Arenas RM, Harrison M, Moeller MP (2015) Outcomes of children with hearing loss: Data collection and methods. *Ear and Hearing*, 36, p. 14S-23S
- Walker EA, McCreery RW, Spratford M, Oleson JJ, Van Buren J, Bentler R, Moeller MP (2015) Trends and predictors of longitudinal hearing aid use for children who are hard of hearing. *Ear and Hearing*, 36, p. 38S-47S
- Walker EA, Spratford M, Moeller MP, Oleson J, Ou H, Roush P, Jacobs S (2013) Predictors of hearing aid use time in children with mild-to-severe hearing loss. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 44 (1), p. 73-88

Langzeitergebnisse, schulische und berufliche Perspektiven bei Cochlea-Implantat-Trägern

Long-term outcomes, education and occupational level in pediatric cochlear implant recipients



Angelika Illg,
Medizinische Hochschule Hannover

Zusammenfassung

Ziel: Darstellung der audiologischen Fähigkeiten, sowie der schulischen und beruflichen Abschlüsse bei Patienten mit einer Cochlea-Implantation (CI) im Kindesalter.

Material und Methode: Die Daten von 933 gehörlosen Patienten, die zwischen 1986 und 2000 als Kinder oder Jugendliche implantiert wurden, wurden retrospektiv analysiert und über ihre schulischen und beruflichen Bildungswege befragt. Die auditiven Ergebnisse wurden in die „Categories of Auditory Performance (CAP)“ dem Schwierigkeitsgrad nach (0–8) eingeteilt. 174 CI-Träger antworteten auf die Fragen im Fragebogen. Die Antworten wurden in die ISCED 97 levels (ISCED: International Standard Classification of Education) und ISCO 88 skill levels (ISCO: International Standard Classification of Occupation) konvertiert und mit Angaben aus der allgemeinen Bevölkerungsumfrage in Deutschland von 2012 (ALLBUS) verglichen. Alle Daten wurden statistisch ausgewertet.

Ergebnisse: 86 % der Befragten nutzen ihr CI länger als elf Stunden pro Tag. Nur 2 % der Befragten gaben an, ihr CI nicht mehr zu tragen. Der mittlere auditive Wert (CAP) liegt bei 4,63 (0–8). Bestimmte Parameter stellten sich als Einflussfaktoren für die auditive Entwicklung heraus, wie z. B. das Implantationsalter, das signifikant mit den CAP-Werten korreliert ($r = -0,472$; $p = 0,0$).

Zwischen den CI-Trägern und den normalhörenden Gleichaltrigen besteht ein signifikanter Unterschied ($p = 0,001$) in den Schul- und Berufsabschlüssen ($p = 0,003$). Die Angaben der CI-Träger zeigen, dass Schulabschlüsse wie Abitur oder Fachabitur, die den Eintritt in die universitäre Bildung ermöglichen, seltener im Vergleich zu den normalhörenden Gleichaltrigen erreicht werden. Deshalb sind auch Berufsabschlüsse, die die universitäre Bildung benötigen, bei den CI-Trägern unterrepräsentiert. Die meisten CI-Träger erreichen Berufsabschlüsse in skill level 2, in denen viele Handwerksberufe zusammengefasst sind.

Schlussfolgerung: In Deutschland besteht ein signifikanter Unterschied in den schulischen und beruflichen Abschlüssen dieser ersten CI-Patienten im Vergleich zu normalhörenden Gleichaltrigen. Kinder, die heutzutage mit CI versorgt werden, profitieren qualitativ deutlich besser von einer Implantation in den ersten Lebensjahren und neuesten Technologien. Deshalb ist davon auszugehen, dass sich ihre Bildungswege von denen der hier beschriebenen spätimplantierten Gruppe unterscheiden und sich der normalhörenden Vergleichsgruppe annähern.

Summary

Objectives: Development of auditory performance, educational status, vocational training and the occupational situation in pediatric cochlear implant (CI) patients.

Design: A retrospective cross-sectional study of 933 deaf pediatric CI recipients assessing auditory performance, education and vocational training, and occupational situation.

All patients wore their implant between 1986 and 2000. For better comparability, hearing and speech comprehension results were evaluated using the Categories of Auditory Performance (CAP) arranged in order of increasing difficulty ranging from 0 to 8. Additionally, 174 CI users responded to a self-assessment questionnaire regarding their schooling and occupational level. To measure and compare school education, qualifications were converted into ISCED 97 levels (ISCED: International Standard Classification of Education). In similar fashion, occupations were converted into ISCO 88 skill levels (ISCO: International Standard Classification of Occupation). Data from the German General Social Survey (ALLBUS) for 2012 were used as a basis for comparing some of the collected data with the general population in Germany.

Results: The results show that 86 % of the patients use their device more than eleven hours per day. Only 2 % of the surveyed individuals are nonusers. Generally, CI users understand common phrases without lip reading. Mean CAP is 4.63 (0–8). Age at implantation is significantly correlated to CAP level ($r = -0,472$; $p = 0,0$). The mean ISCED level of the surveyed patients is 2.24 (SD = 0.59; range: 1–3). A significant difference ($p = 0,001$) between recipients' ISCED levels and those of ALLBUS 2012 respondents was found; a correlation was observed with maternal educational level ($r = 0,271$; $p = 0,008$). The participants are broken down as follows on the ISCO 88 skill level: 5 % achieve skill level 1, 77 % skill level 2, 16 % skill level 3 and 5 % skill level 4. The average skill level achieved is 2.24 (SD = 0.57; range: 1–4) which is significantly worse ($p = 0,003$) than the mean skill level of the ALLBUS respondents (mean = 2.54; SD = 0.85).

Conclusion: Patients who underwent pediatric implantation at an early age show stable auditory performance within a moderate range. Educational and occupation level are significantly poorer than general levels both in Germany and internationally. Children implanted today who are younger at implantation, and with whom more advanced up-to-date cochlear implants are used, are expected to exhibit better auditory performance and have better educational and occupational opportunities.

Einleitung

Die Cochlea-Implantat (CI)-Versorgung hat in Hannover 1984 mit Erwachsenen begonnen. Bereits zwei Jahre später konnte mit der Implantation von gehörlosen Kindern begonnen werden. Dabei wurden von Anfang an gute Hör- und Lautsprachergebnisse erzielt (Lenarz et al. 2012). Seitdem sind weltweit viele erfolgreiche Implantat-Programme entstanden. Während der letzten zehn Jahre wurden viele Auswertungen über den Langzeiterfolg der ersten Patienten vorgenommen und veröffentlicht (Waltzmann et al. 2002, Haensel et al. 2005, Uziel et al. 2007, Geers und Sedey 2011, Geers und Nicholas 2013, Geers et al. 2013, Peixoto et al. 2013, Dunn et al. 2014). Berichte über die schulische und berufliche Entwicklung sind dagegen in der Literatur noch wenig zu finden. Unserer Recherche nach existieren drei Studien, bei denen die Autoren ihre Daten über die schulische und berufliche Ausbildung mit denen von normalhörenden Gleichaltrigen vergleichen (Huber et al. 2008, Venail et al. 2010, Kronenberger et al. 2013). Die betrachteten Kollektive haben eine Größe von bis zu 100 Probanden unterschiedlichen Alters. Eine Studie mit über 150 Probanden existiert nicht, erscheint den Autoren bzgl. der Aussagekraft sinnvoll. Um die Effektivität der CI-Versorgung auch hinsichtlich der Bildungswege und -abschlüsse über eine lange Periode zu bestimmen, wurden die Hörergebnisse von 933 CI-Trägern retrospektiv analysiert und diese zu ihrer schulischen- und beruflichen Laufbahn befragt. Soweit möglich wurden die Angaben in internationale Standards eingeteilt und mit nationalen Bevölkerungsangaben verglichen.

Tabelle 1: Demografische Daten dreier Gruppen im Vergleich:

- A) Gesamtgruppe,
- B) der Gruppe, die den Fragebogen beantwortet hat, und
- C) der Gruppe, die ihn nicht beantwortet

	A	B	C
Anzahl	933 Patienten	174 (18,65%)	759 (81,35%)
Alter bei Befragung (MW; Jahre)	23,6 (Min = 14; Max = 44)	23 (Min = 14; Max = 43)	23,75 (Min = 14; Max = 44)
Alter bei Ertaubung (MW; Jahre)	0,7 (Min = 0; Max = 18)	0,8 (Min = 0; Max = 18)	0,68 (Min = 0; Max = 15,33)
Ertaubungsdauer in Jahren (MW; Jahre)	4,6 (Min = 0,14; Max = 18,83)	4,09 (Min = 0,16; Max = 17,08)	4,74 (Min = 0,14; Max = 18,83)
Alter bei Implantation (MW; Jahre)	5,4 (Min = 0; Max = 18)	4,8 (Min = 0; Max = 18)	5,51 (Min = 0; Max = 18)
prälingual ertaubt	81,05 %	73,99 %	82,7 %
Zusatzbehinderung	29,88 %	21,5 %	29,88 %
Muttersprache deutsch	87,05 %	98,1 %	87,05 %
unilateral versorgt	83,49 %	72,41 %	86,03 %

Material und Methode

Die Daten von 933 Cochlea-Implantat-Trägern, die derzeit im Durchschnitt 23,6 Jahre alt sind (Min-Max: 14,2–44,6 Jahre) und im Alter von unter 19 Jahren zwischen 1986 und 2000 an der MHH mit einem CI versorgt wurden, wurden retrospektiv ausgewertet. Die Tragedauer beträgt 13 bis 28 Jahre (Mittel: 17,75 Jahre). Die wesentlichen demographischen Daten der Patienten sind in Tabelle 1 nachzulesen.

Um unterschiedliche Testergebnisse vergleichen zu können, mussten diese kategorisiert werden. Deshalb wurden alle letzten Hör- und Sprachtestergebnisse der Patienten, mittels Definition abhängig vom letzten Testergebnis, in die Categories of Auditory Performance (CAP) (Archbold et al. 1998) umgeschrieben. Zusätzlich wurde ein Fragebogen zur Erfassung der schulischen und beruflichen Parameter entwickelt. Er wurde online (SurveyMonkey) und postalisch an alle Patienten der Studie versandt. Der Fragebogen enthält Fragen aus acht Kategorien:

1. Lebenssituation und Umfeld
2. Therapie
3. Bildungshintergrund
4. Schulausbildung
5. weiterführende Ausbildung
6. Beruf
7. Job-Zufriedenheit und
8. Arbeitsplatz

Die Fragen zur Job-Zufriedenheit wurden aus einem Fragebogen von Huber et al. 2008 zur Studie: „Education and training of young people who grew up with cochlear implants“ entnommen.

Von 174 Personen erhielten wir eine Rückantwort. Das entspricht einer Rücklaufquote von 18,65 %.

Die Angaben zur Schulbildung wurden in die ISCED 97 level (ISCED: International Standard Classification of Education) konvertiert (OECD 1999). Ebenso wurden die beruflichen Angaben in die ISCO 88 skill levels (ISCO: International Standard Classification of Occupations) konvertiert (International Labor Office 1990). Als nationale Vergleichsdaten wurden die Angaben gleichaltriger Normalhörender aus der Allgemeinen Bevölkerungsumfrage (ALLBUS 2012) genutzt (Gesis 2012).

Zur statistischen Analyse wurde die Microsoft Excel 2010 und IBM SPSS Statistics (version 22) Software benutzt. Alle Korrelationen (CAP, ISCO 88 und ISCED) wurden mittels Spearman Korrelation berechnet. Zusätzliche diente der Kruskal-Wallis und Mann-Whitney U Test zur Berechnung der statistisch signifikanten Unterschiede von verschiedenen Variablen. Die statistische Signifikanz wurde wie folgt definiert: $p < 0.05$ (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$).

Ergebnisse

Audiologische Daten

Von den 933 CI-Patienten konnten wir die auditiven Ergebnisse von 788 Patienten in die CAP einteilen. Im Mittel erreichten diese Patienten CAP-Werte von 4,63 (SD 2,04; Min-Max: 0–8). Die CAP-Werte für die 174 Patienten, die auf unsere Befragung geantwortet haben, liegen bei 5,41 (SD 1,96; Min-Max: 0–8). Die Patienten, die nicht antworteten, erreichten einen CAP-Wert von 4,43 (SD 2,02; Min-Max: 0–8). Dabei

werden in die CAP-Kategorie 0, diejenigen eingruppiert, die keine Umweltgeräusche wahrnehmen können, in Kategorie 1, diejenigen, die Umweltgeräusche wahrnehmen und in Kategorie 2, diejenigen, die auf Sprachlaute reagieren. Die Einschlusskriterien für Kategorie 3 sind: die Identifikation von Umweltgeräuschen, für Kategorie 4: Sprachlaute ohne Lippenablesen unterscheiden können, für Kategorie 5: allgemeine Sätze ohne Lippenablesen verstehen und für Kategorie 6: eine Unterhaltung ohne Lippenablesen in Ruhe führen können. In Kategorie 7 werden diejenigen zusammengefasst, die mit bekannten Personen telefonieren können und in Kategorie 8 diejenigen, die in geräuschvoller Umgebung (z. B. Klassenzimmer oder Restaurant) einer Gruppenkonversation folgen können.

In der weiteren Analyse kristallisierten sich verschiedene Parameter als Einflussfaktoren der auditiven Entwicklung heraus. Ein signifikanter Zusammenhang besteht z. B. zwischen dem Implantationsalter und der auditiven Wahrnehmung ($r = -0.575$; $p = 0.000$). Je älter das Kind zum Zeitpunkt der Implantation war, desto schlechter sind seine auditiven Ergebnisse. Bei CI-Trägern, die Lautsprache verstehen und anwenden, liegen die CAP-Werte signifikant höher als bei denjenigen, die vorwiegend über die Deutsche Gebärdensprache (DGS) oder mit Lautsprachbegleitenden Gebärde (LBG) kommunizieren. Die statistisch wichtigsten CAP-Ergebnisse der Einflussfaktoren sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Die ausgewerteten Daten aus dem Fragebogen zeigen, dass die meisten Patienten (86 %) ihren Sprachprozessor mehr als elf Stunden täglich tragen. Nur 2 % der Befragten gaben an, dass sie es nicht mehr tragen würden.

Schulische Bildung

Mittels ISCED-level (International Standard Classification of Education), wurden die absolvierten schulischen Abschlüsse beschrieben. Die CI-Träger erreichten im Haupt- und Realschulbereich ähnliche Schulabschlüsse wie normalhörende Gleichaltrige in Deutschland (Gesis 2012). Bei höheren Abschlüssen, die den Eintritt in die universitäre Bildung ermöglichen, gibt es deutliche Unterschiede. Insgesamt besteht ein signifikanter Unterschied der ISCED-level zwischen der CI-Gruppe und der normalhörenden Vergleichsgruppe aus der allgemeinen Bevölkerungsanalyse ($p = 0,001$). Vergleicht man jedoch die Ergebnisse der CI-Träger mit anderen gehörlosen Personen in Deutschland, zeigen mehr CI-Träger höhere Schulabschlüsse (Weber und Schlenker-Schulte 2011) (Abbildung 1).

Die ISCED-level korrelieren nicht signifikant mit den CAP-Werten der Patienten, aber mit den ISCED-Leveln der Mutter ($r = 0,271$; $p = 0,008$). Je höher der schulische Abschluss der Mutter war, desto höher auch der ISCED-level des Kindes.

94 % der Patienten gaben an, dass ihr CI für die Kommunikation in der Schule notwendig war. 83 % gaben an, dass sie Lautsprache als wichtigste Kommunikation während ihrer Schullaufbahn benutzten. 64 % der befragten Patienten besuchten Förderschulen während der Berufsausbildung.

Berufsleben

Die Berufsausbildung konnten 71 % der Befragten an Regelschulen absolvieren. 74 % der Patienten konnten die Ausbildung erlernen, die sie anstrebten, 8 % der Patienten konnten es nicht.

Tabelle 2: CAP-Ergebnisse für Untergruppen (errechnet aus den vorliegenden CAP-Daten der CI-Träger mit deutscher Muttersprache und ohne Zusatzbehinderung)

Untergruppe	Anzahl (%)	mittlerer CAP-level (SD; min-max)
weiblich	210 (49.53)	5.1 (1.9; 0-8)
männlich	204 (48.11)	5.0 (1.8; 0-8)
Deutsche Muttersprache	414 (93.24)	5.1 (1.9; 0-8)*
Andere Muttersprache	30 (6.76)	4.2 (1.6; 0-8)
Zusatzbehinderung	178 (30.07)	4.0 (2.2; 0-8)
keine Zusatzbehinderung	414 (69.93)	5.1 (1.9; 0-8)***
einseitige Implantation	321 (77.5)	4.7 (1.8; 3-8)
beidseitige Implantation	93 (22.5)	6.2 (1.7; 0-8)
prälingual ertaubt	333 (80.8)	4.9 (1.9; 0-8)
perilingual ertaubt	16 (3.9)	5.6 (1.9; 3-8)
prälingual ertaubt	333 (80.8)	4.9 (1.9; 0-8)
postlingual ertaubt	63 (15.3)	5.5 (1.5; 3-8)**
perilingual ertaubt	16 (3.9)	5.6 (1.9; 3-8)
postlingual ertaubt	63 (15.3)	5.5 (1.5; 3-8)
Implantation age < 4 years	194 (46.86)	5.9 (1.8; 0-8)
Implantation age ≥ 4 years	220 (53.14)	4.3 (1.5; 0-8)***
arbeitslos	37 (82.2)	4.9 (1.6; 3-8)
arbeitsfähig	8 (17.8)	5.0 (1.5; 3-8)
Institutionen zur Berufsausbildung		
Regelschule	45 (69.2)	6.1 (1.6; 3-8)***
Förderschule	20 (30.8)	4.3 (0.7; 3-5)
Lieblingskommunikation mit Freunden und Bekannten		
Lautsprache	62 (83.8)	6.2 (1.7; 3-8)**
DGS	6 (8.1)	3.8 (1.0; 3-5)
Lautsprache	62 (83.8)	6.2 (1.7; 3-8)***
LBG	6 (8.1)	4.2 (1.0; 4-6)
DGS	6 (8.1)	3.8 (1.0; 3-5)
LBG	6 (8.1)	4.2 (1.0; 4-6)
Selbsteinschätzung: Sprachverstehen ohne Lippenablesen		
kann verstehen	37 (35.9)	6.8 (1.6; 4-8)***
kann teilw. verstehen	53 (51.5)	5.3 (1.5; 3-8)
kann verstehen	37 (35.9)	6.8 (1.6; 4-8)***
kann nicht verstehen	13 (12.6)	3.7 (0.8; 3-8)
kann teilw. verstehen	53 (51.5)	5.3 (1.5; 3-8)***
kann nicht verstehen	13 (12.6)	3.7 (0.8; 3-8)
Selbsteinschätzung der eigenen Lesefähigkeiten		
ja	68 (66.0)	6.1 (1.8; 3-8)**
teilweise	33 (32.0)	4.7 (1.4; 3-8)
ja	68 (66.0)	6.1 (1.8; 3-8)
nein	2 (1.9)	-
teilweise	33 (32.0)	4.7 (1.4; 3-8)
nein	2 (1.9)	-
Selbsteinschätzung der eigenen Schreibfähigkeiten		
ja	69 (66.3)	6.2 (1.8; 3-8)***
teilweise	30 (28.8)	4.6 (1.2; 3-8)
ja	69 (66.3)	6.2 (1.8; 3-8)***
nein	5 (4.8)	3.6 (0.5; 3-4)
teilweise	30 (28.8)	4.6 (1.2; 3-8)*
nein	5 (4.8)	3.6 (0.5; 3-4)

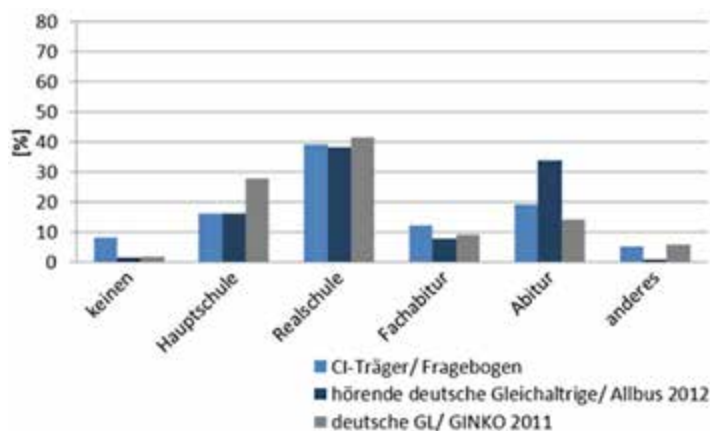


Abbildung 1: Darstellung der Schulabschlüsse eingeteilt in ISCED-level für CI-Träger, normalhörende Gleichaltrige und Gehörlose

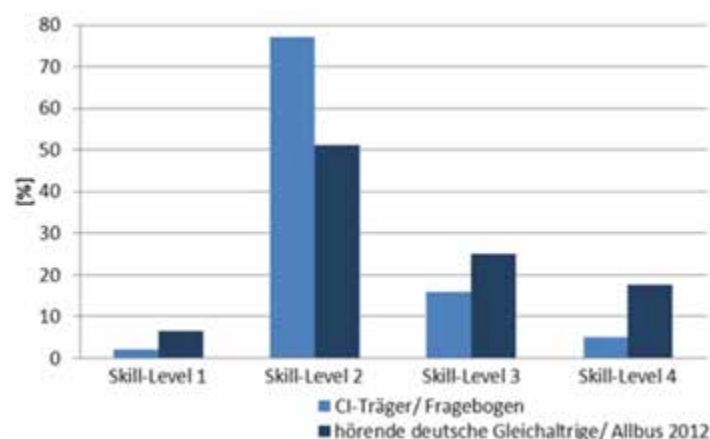


Abbildung 2: Berufsabschlüsse mittels ISCO-88 Einteilung der CI-Träger und normalhörenden Gleichaltrigen

Im Durchschnitt erreichen die CI-Träger einen Berufslevel (ISCO-33 skill-level/ International Standard Classification of Occupations) von 2,24 mit einem signifikanten Unterschied ($p = 0,003$) zu den skill-leveln der normalhörenden Vergleichsgruppe ALLBUS 2012 (2,54) (Abbildung 2).

26 % mehr CI-Nutzer als Normalhörende arbeiten in Berufskategorien (ISCO-33 skill-level 2) wie Service Angestellte, Verkäufer, Landwirtschafts- und Fischereiangestellte, Automechaniker und ähnliche sowie Angestellte im Gartenbau.

Technische Angestellte (ISCO-88, level 3) und andere Berufe (ISCO-88, level 4) bei denen höhere Schulabschlüsse vorausgesetzt werden, sind bisher selten unter den CI-Trägern zu finden, die in der Kindheit ein CI erhielten.

Die CAP-Ergebnisse und ISCO-88-skill level korrelieren positiv linear aber nicht signifikant ($p = 0,3$).

Diskussion und Zusammenfassung

Diese retrospektive Studie ist bisher die einzige dieser Art und Größe, die die Daten der ersten Patienten, die während ihrer frühen Kindheit implantiert wurden, auswertet. Die audiologicalen Daten zeigen im

Mittel, dass die damals implantierten CI-Träger heutzutage in der Lage sind, Sprache ohne Lippenablesen zu verstehen. Die Ergebnisse variieren dabei abhängig von bestimmten Ausgangsvoraussetzungen. Eine besonders wichtige Rolle spielt das Implantationsalter im Erfolg der CI-Versorgung. Im Rahmen dieser Studie zeigten die Patienten ein relativ hohes Implantationsalter von 5,4 Jahren. Die auditiven Ergebnisse dieser ersten Patienten, zeigten signifikante Unterschiede zwischen den Kindern, die unter oder über drei Jahren implantiert wurden. Viele Studien der letzten Jahre (Lesinski-Schiedat et al. 2004, Sharma et al. 2002, Kral und O'Donoghue 2010, Kral und Sharma 2012, Sharma 2005, Illg 2013), zeigten ähnliche Ergebnisse und verwiesen auf die frühen sensiblen Phasen des auditorischen Systems, die für die Lautsprachentwicklung nötig sind. So ist es heutzutage eine Grundregel, hochgradig schwerhörige Kinder so früh wie möglich mit einem CI zu versorgen.

Geers und Hayes 2011 berichten, dass CI-Träger, die Lautsprache nicht verstehen oder nicht lesen und schreiben können, schlechtere auditive Fähigkeiten aufweisen. Das bestätigen unsere Ergebnisse. Denn die Jugendlichen, die während der Berufsausbildung die Regelschule besuchten, zeigten bessere auditive Fähigkeiten, als diejenigen, die in Förderschulen unterrichtet wurden. Huber et al. (2015) und Langereis und Vermeulen (2015) berichten ebenfalls, dass ihre untersuchten Kinder und Jugendlichen, die die Regelschule besuchen, bessere auditive Ergebnisse zeigen als diejenigen, die die Förderschule besuchen. Voraussetzungen aber für einen hohen Ausbildungsabschluss sind die Lautsprachkompetenz und die Lese- und Schreibfähigkeiten (Schulze-Gattermann et al. 2002).

Die Auswertung der schulischen Daten zeigt besonders in den höheren Bildungsabschlüssen Unterschiede zwischen gleichaltrigen Normalhörenden und CI-Trägern. Vergleicht man die Daten der CI-Träger mit denen anderer Gehörlosen in Deutschland (Weber und Schlenker-Schulte 2011), bestehen Unterschiede in den Schulabschlüssen. Im Vergleich zu den CI-Trägern erhalten mehr Gehörlose einen Hauptschulabschluss (11,7 %) und einen Realschulabschluss (2,4 %). CI-Träger weisen im Vergleich zu anderen Gehörlosen häufiger ein Fachabitur (2,9 %) und ein Abitur (4,9 %) vor.

Trotz dieser etwas besseren höheren Schulabschlüsse sind CI-Träger noch in Berufen, die hohe Schulabschlüsse voraussetzen, unterrepräsentiert. Daraus resultiert die Frage, welche Berufe diesen Hörgeschädigten angeboten werden. Bohms (1999) berichtet, dass in Deutschland nur 46 Berufe Hörgeschädigten angeboten werden, während Normalhörenden über 400 Möglichkeiten offen stehen. Leider existiert darüber kaum Literatur.

Die Datenanalyse ergab eine positive lineare Korrelation zwischen den auditiven Ergebnissen und den Berufsabschlüssen. Deshalb besteht weiterhin die Hypothese, dass niedrige auditive Fähigkeiten schlechtere Ausbildungs- und Berufsmöglichkeiten bedingen. Eine frühe Diagnostik und Cochlea-Implantation eröffnet Gehörlosen die besten Chancen für ihre Schulbildung und ihren Berufsweg (Spivark, undated). Cochlea-Implantate verbessern nicht nur die Lebensqualität von gehörlosen Kindern, sondern sparen volkswirtschaftlich hohe Kosten (Cheng et al. 2000, Shield 2006).

So bleibt es weiterhin wichtig, das Cochlea-Implantat bekannt zu machen und aufzuzeigen, dass bei frühem Implantationsalter, bestimmten intrapersonellen Voraussetzungen, intensiver Therapie und modernster Technik eine inklusive Bildung so gelingen kann, dass es

aufgrund der Hörschädigung keinen Bildungsunterschied zu Normalhörenden geben muss. So ist es notwendig, die frühimplantierten CI-Träger mit neuester Technologie auch wissenschaftlich zu begleiten, deren Bildungswege zu erfassen und zu analysieren.

Dieses Projekt wurde von der Geers-Stiftung und der Internationalen Hörstiftung gefördert.

Literatur

- Archbold S, Lutman ME, Nikolopoulos TP (1998) Categories of Auditory Performance: inter-user reliability. *Br J Audiol*, 32, S. 7–12
- Bohms R (1999) Berufliche Integration der Hörgeschädigten – ein historischer Abriss. http://members.tripod.com/lbz_halberstadt/seite6.htm
- Cheng, A.K. et al. (2000) 'Cost-Utility Analysis of Cochlear Implant in Children', *Journal of the American Medical Association*, vol. 284, August 16, 2000. (Source: www.hear-it.org)
- Dunn CC, Walker EA, Oleson J et al. (2014) Longitudinal Speech Perception and Language Performance in Pediatric Cochlear Implant Users: The Effect of Age at Implantation. *Ear and Hearing*, 35, S.148–160
- Geers AE, Sedey AL (2011) Language and Verbal Reasoning Skills in Adolescents with 10 or More Years of Cochlear Implant Experience. *Ear and Hearing*, 32 (1 Suppl). S. 39S–48S
- Geers AE, Nicholas JG (2013) Enduring Advantages of Early Cochlear Implantation for Spoken Language Development. *J Speech Lang Hear Res*. 56 (2). S. 643–655
- Geers A, Davidson L, Uchanski R et al. (2013) Interdependence of Linguistic and Indexical Speech Perception Skills in School-Aged Children with Early Cochlear Implantation. *Ear and Hearing*, 34 (5), S. 562–574
- Gesis (2012) ALLBUS 2012 ALLBUS. Die Allgemeine Bevölkerungsumfrage in den Sozialwissenschaften. <http://www.gesis.org/allbus/>
- Haensel J, Engelke J-C, Ottenjann W et al. (2005) Long-term results of cochlear implantation in children. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*. Vol. 132, Nr. 3, S. 456–458
- Huber M, Hitzl W, Albegger K (2008) Education and training of young people who grew up with cochlear implants. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 72, S. 1393–1403
- Huber M, Pletzer B, Giourgas A, Nickisch A, Kunze S, Illg A (2015) Schooling relates to mental health problems in adolescents with cochlear implants – mediation by hearing and family variables. *Frontiers in Psychology*, Volume 6, Article 1889, doi: 10.3389/fpsyg.2015.01889
- Illg A, Giourgas A, Kral A, Büchner A, Lesinski-Schiedat A, Lenarz T (2013) Speech Comprehension in Children and Adolescents After Sequential Bilateral Cochlear Implantation With Long Interimplant Interval. *Otology & Neurotology* 34: 682Y689
- International Labor Office (1990) ISCO-88: International Standard Classification of Occupations. Genf. www.warwick.ac.uk/ier/
- Kral A, O'Donoghue G (2010) Profound Deafness in Childhood. *New England Journal of Medicine*, 363: S. 1483–1550
- Kral A, Sharma A (2012) Developmental neuroplasticity after cochlear implantation. *Trends in Neurosciences*, Vol. 35, No 2: S. 111–122
- Kronenberger WG, Pisoni DB, Henning SC, et al. (2013) Executive Functioning Skills in Long-Term Users of Cochlear Implants: A Case Control Study. *Journal of Pediatric Psychology*, 38 (8), S. 902–914
- Langereis M, Vermeulen A (2015) School performance and wellbeing of children with CI in different communicative-educational environments. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijporl.2015.03.014>
- Lenarz M, Sónmez H, Joseph G et al. (2012) Long-Term Performance of Cochlear Implants in Postlingually Deafened Adults. *Otology and Neurotology*, 147 (1), S. 112–118
- Lesinski-Schiedat A, Illg A, Herrmann R, Bertram B, Lenarz T (2004) Paediatric cochlear implantation in the first and in the second year of life: a comparative study. *Cochlear Implants International*, 5 (4): S. 146–159
- OECD (1999). Classifying Educational Programmes. Manual for ISCED-97 Implementation in OECD Countries. Paris. <http://www.uis.unesco.org/Education/Pages/international-standard-classification-of-education.aspx>
- Peixoto MC, Spratley J, Oliveira G, et al. (2013) Effectiveness of cochlear implants in children: Long term results. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 77, S. 462–468
- Sharma A, Dorman MF, Spahr AJ (2002) Rapid development of cortical auditory evoked potentials after early cochlear implantation. *NeuroReport*, Vol 13 No 10: S. 1365–1368
- Sharma A, Dormann MF, Kral A (2005) The influence of a sensitive period on central auditory development in children with unilateral and bilateral cochlear implants. *Hearing Research*, 203: S. 134–143
- Schulze-Gattermann H, Illg A, Schoenermark M, Lenarz T, Lesinski-Schiedat A (2002). Cost-Benefit Analysis of Pediatric Cochlear Implantation: German Experience. *Otology & Neurotology* 23: S. 674–681
- Shield B (2006) 'Evaluation of the Social and Economic Costs of Hearing Impairment', October 2006, Hear-it AISBL (www.hopkinsmedicine.org/press)
- Spivark I (undated); as cited in the November 2000 issue of *The Hearing Journal*, Source: www.hear-it.org
- Uziel AS, Sillon M, Vieu A (2007) Ten-Year Follow-Up of a Consecutive Series of Children With Multichannel Cochlear Implants. *Otology and Neurotology*, 28, S. 615–628
- Venail F, Vieu A, Artieres F et al. (2010) Educational and Employment Achievements in Prelingually Deaf Children Who Receive Cochlear Implant. *Arch Otolaryngol Head Neck Surgery*, 136 (4), S. 366–372
- Waltzmann SB, Cohen NL, Green J et al. (2002) Long-term effects of cochlear implants in children. *Otolaryngology – Head and Neck Surgery*, 126(5), 505–511, doi:10.1067/mhn.2002.124472
- Weber A, Schlenker-Schulte C (2011) Das Projekt GINKO – Erste Ergebnisse der quantitativen Befragung (Fragebogen und online). Vortrag
- DSB-Bundeskongress „Hören mit allen Sinnen“ 16.–18. September 2011 in Dresden, Germany

Hörsysteme in der Inklusion



Bernhard Hohl,
Friedberg

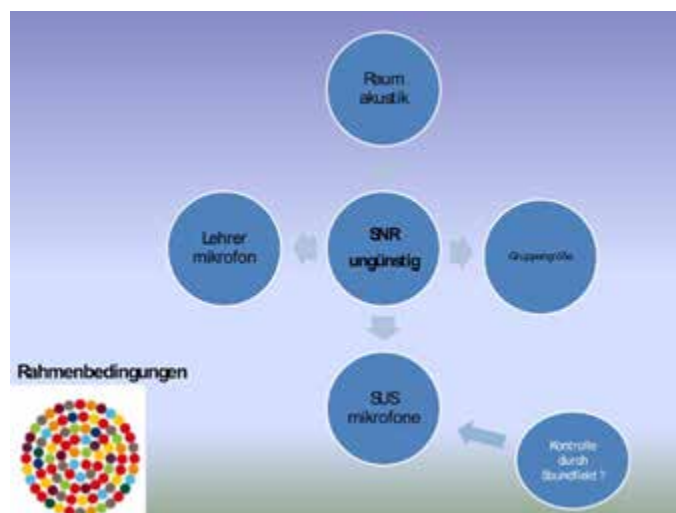
Seit der Ratifizierung der UN-Behindertenrechtskonvention durch die Bundesregierung hat sich die Bildungslandschaft in der Bundesrepublik Deutschland verändert. Neue Lernorte für Schülerinnen und Schüler mit den unterschiedlichsten Förderbedarfen erschließen sich. Dabei gehen die Bundesländer unterschiedliche Wege und folgen dabei Konzepten und Umsetzungsvarianten, die von der Schließung aller Förderschulsysteme bis hin zur Einrichtung von Modellregionen und Schwerpunktschulen reichen. Obwohl gerade bei der Förderung von Kindern mit Hörbeeinträchtigungen seit Langem weitreichende Erfahrungen mit der Beschulung im Regelschulsystem bestehen, nutzen Eltern nun doch zunehmend die Möglichkeiten, die neue Schulgesetze und Verordnungen einräumen. Gleichzeitig ist in vielen Regionen die politische Tendenz zur „Gleichschaltung“ förderschulpädagogischer Organisationsstrukturen, um den Preis eines weiteren Abbaus von Fachkompetenz, zu beobachten. Dabei stellt gerade der differenzierende Unterricht, der individuelle Förderbedürfnisse insbesondere berücksichtigt, eine Herausforderung an Lehrkraft und Mitschülerinnen und Mitschüler dar und verlangt auch von dem zu inkludierenden Kind besondere Kompetenzen bzgl. Flexibilität, Eigeninitiative etc.

Die bisherigen Ausführungen machen deutlich, dass der Einsatz von Hörsystemen im inklusiven Kontext vor dem Hintergrund des jeweiligen inklusiven Settings zu beschreiben und zu bewerten ist und an dieser Stelle die Verhältnisse aufgreift, die im Zuständigkeitsbereich der Johannes-Vatter-Schule im hessischen Friedberg und dort im Speziellen im schulischen Kontext unter den Rahmenbedingungen eines Flächenlandes vorliegen. In der Regel findet die inklusive Beschulung dort als Einzelinklusion statt. Das bedeutet: Das hörgeschädigte Kind ist das einzig betroffene in einer Regeschulklasse unter „Normalhörenden“. Die Gruppengröße entspricht der an der Schule üblichen und wird in der Regel nicht reduziert. Die beratende Betreuung durch das überregionale Förderzentrum mit dem Förderschwerpunkt Hören erfolgt aus Kapazitätsgründen in zeitlich größeren Abständen und in vielen Fällen unregelmäßig und nach Anforderung. Dabei stellen die so (in der Terminologie des hessischen Schulgesetzes im Rahmen der Vorbeugenden Maßnahmen an Regelschulen (VM)) betreuten Schülerinnen und Schüler die zahlenmäßig deutlich größte Gruppe der von der Schule betreuten Kinder und Jugendlichen dar.

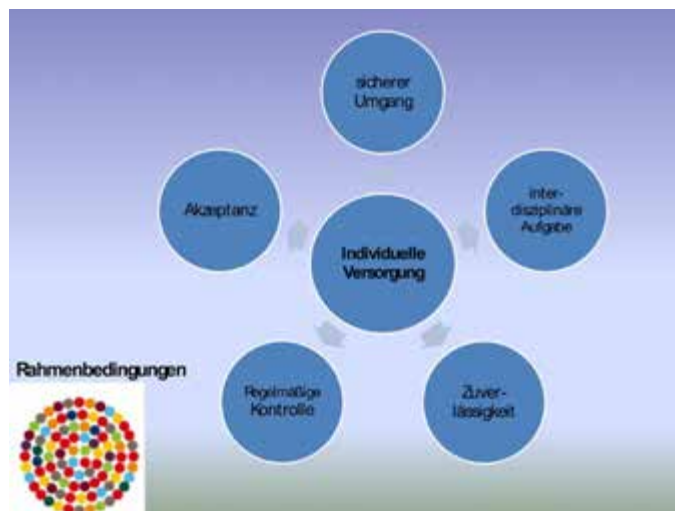
Die erfolgreiche Teilnahme von Kindern und Jugendlichen mit Hörschädigung am Unterricht einer Regelbildungseinrichtung erfordert den möglichst barrierefreien Zugang zum Bildungsangebot. Für hörgerichtete, lautsprachorientierte Schülerinnen und Schüler sind hier die technische Versorgung und die Gestaltung der akustischen Umgebung von besonderer Bedeutung.



Neben der Optimierung der raumakustischen Verhältnisse spielen dabei die konsequente Nutzung möglichst optimal angepasster individueller Hörsysteme (Hörgeräte, CI, Crossversorgungen, Mittelohrimplantate) und die Nutzung von digitalen Funkübertragungsanlagen in bester Qualität eine zentrale Rolle. Gerade die Nutzung von Übertragungsanlagen zur Verbesserung des Sprachverstehens in der geräuschvollen Umgebung „Klassenraum“ ist dabei für die peripher



hörgeschädigten Schülerinnen und Schüler oder auch bei Beeinträchtigungen aus dem Spektrum der auditiven Verarbeitung und Wahrnehmung von zentraler Bedeutung. Ausstattung und Anwendung sollten dabei auf die individuelle Situation bezogen erfolgen. So kann der Einsatz eines Sets mit Lehrer- und mehreren Schülermikrofonen in einem Fall sinnvoll und eine deutliche Verbesserung herbeiführen, in einem anderen Fall evtl. nur reduziert zur Anwendung kommen, um eine Überforderung der pädagogischen Situation zu vermeiden. In einigen Fällen wird dieser Einsatz bereits durch die zusätzliche Installation einer Soundfieldanlage zur Eigenkontrolle der Mitschüler erfolgreich unterstützt.



Immer wird aber deutlich, dass der konsequente Einsatz der vorgesehenen Hörsysteme in Abhängigkeit weiterer Rahmenbedingungen steht. Erfolgt deren Anpassung im ersten Schritt stark auf das Kind bezogen, häufig im abgeschlossenen Rahmen der Messräume, muss deren Wirksamkeit im Alltagsgeschehen gesichert sein. Diese Absicherung kann nur in einem engen, interdisziplinären Netz aller Beteiligten mit Bezug zur alltäglichen Erlebenswelt des Kindes erfolgen und beinhaltet auch eine Stärkung der kindlichen Kompetenz im eigenverantwortlichen Umgang mit der Hörtechnik. Grundsätzlich gilt: Je jünger das Kind, umso intensiver die Unterstützung und Absicherung der Wirksamkeit durch kompetente Bezugspersonen.

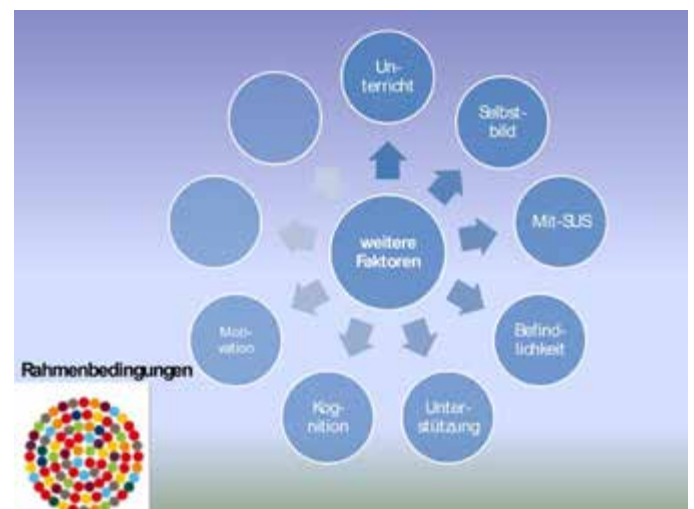
Auswahl auftretender Probleme im Zusammenspiel der individuellen Hörsysteme:

- „FM“-Programme müssen manuell zugeschaltet werden
- „Jüngere Kinder schaffen es nicht“ und „Ältere Kinder wollen Nicht“
Das Problem mit der Gewöhnung an die Nutzung der drahtlosen Übertragungsanlage
- Verschiedene, nichtkompatible Systeme in einer Klasse.
- Anbindung der Funkanlagen an manche individuelle HG und G-Systeme nicht zuverlässig möglich.

➤ Der Einsatz der Übertragungsanlagen zu sehr auf die Lehrkraft bezogen. Einsatz von Schülermikrofonen nicht durchgängig gewährleistet.

Diese Bedingungen eines erfolgreichen Einsatzes der Hörsysteme im inklusiven Kontext beziehen sich auf deren Funktionalität, auf die Gewöhnung an ihren Gebrauch oder auf deren Akzeptanz durch das Kind oder – im Falle der Funkübertragungsanlage – auch durch die Lehrkraft.

Daneben entscheiden aber in der Praxis weitere Faktoren darüber, ob die notwendigen Systeme, trotz gesicherter Funktionalität auch wirklich regelmäßig zum Einsatz kommen und damit zum wichtigen Baustein des inklusiven Lernens werden. Diese Faktoren beziehen sich auf persönliche Dispositionen und Haltungen des jeweiligen Kindes, auf Rahmenbedingungen wie evtl. vorhandene Unterstützungssysteme, Gruppengröße oder Klassenstruktur, aber auch auf die qualitativen Merkmale von Unterrichtsgestaltung und Berücksichtigung der individuellen Bedürfnisse des Kindes in seinem Schulalltag.



Vor diesem Hintergrund ist die Bewertung des inklusiven Lernens hörgeschädigter Kinder und Jugendlicher in Regeleinrichtungen grundsätzlich in einem stets umfassenden Rahmen vorzunehmen, der die Sicht auf die Hörausgangslage und die Sprachentwicklung als wichtige, aber nicht einzig entscheidenden Faktoren beinhaltet. Der Entwicklung von Instrumenten der Evaluation des schulischen Lernens, die für die Praxis in der Regeschule geeignet sind, kommt dabei eine herausragende Bedeutung zu, ebenso der Stärkung der fachpädagogischen Qualität der Förderzentren mit dem Förderschwerpunkt Hören als Motor und Initiator der notwendigen interdisziplinären Prozesse. Eine gelingende Gestaltung des inklusiven Lernens hörgeschädigter Kinder und Jugendlicher in Regeleinrichtungen kann nur in einem interdisziplinären Netzwerk der unterschiedlichen beteiligten Professionen gelingen.

Hörsystemversorgung



Rainer Beck,
Universitäts-HNO-Klinik Freiburg

Einleitung

Kinder, die an Schwerhörigkeiten leiden, unterscheiden sich als Patienten in vielerlei Hinsicht von Erwachsenen: So sind nicht nur die Diagnosestellung und der Behandlungsbeginn aufgrund der durch das Entwicklungsalter bedingten eingeschränkten Reflektors- und Kommunikationsfähigkeit erschwert, sondern die Therapie besitzt auch eine größere Tragweite in Hinsicht auf die Lebensqualität des Patienten, da das Erlernen von Sprache, von Kommunikationsstrategien, die Partizipation an Bildung und schlussendlich die soziale Kompetenz stark von der Aufnahme von auditiven Stimuli in den entscheidenden Entwicklungsfenstern abhängig ist. Umso wichtiger ist es, sich über die Kriterien der erfolgreichen Hörsystemversorgung in Hinblick auf die zu erreichende Unterstützung in Entwicklung und Spracherwerb bewusst zu werden.

Motivationen zur Hörsystemversorgung

Betrachtet man die Situation beim beidseitig hörgeschädigten Kind, ist die Zielrichtung und der Versorgungsansatz auf den ersten Blick klar und auf der Hand liegend: Die Hörsystemversorgung muss erreichen, dass alle Laute, die für die jeweilige Sprache relevant sind, zuverlässig zu diskriminieren sind. Hierdurch wird primär Spracherwerb und Kommunikationsfähigkeit gesichert. Nimmt man sich jedoch der größeren Linie an, nimmt die Situation an Komplexität zu: Zur Betrachtung der individuellen Hörschwelle und deren Ausgleich tritt die Funktionalität des Hörens im Alltag hinzu. So muss gegeben sein, dass Wissen und Kommunikation mit einem Minimum an Konzentration und Energieaufwand notwendig wird, um die kognitiven Ressourcen für den Wissenserwerb und die Integration bereitzustellen. Diese Konstellation äußert sich typischerweise auch in den Fragen der Eltern, die uns zur Beratung aufsuchen: „Bleibt das zweite Ohr stabil?“, „Wird mein Kind normal sprechen können?“, „Wird es die Regelschule besuchen können?“. Nach den optimalen Werten für eine Aufblähkurve oder der in-situ-Messung wird selten gefragt.

Besonders deutlich wird die Situation am Beispiel der einseitig schwerhörigen Kinder, die in ruhiger Umgebung ein prinzipiell unauffälliges Diskriminationsvermögen aufweisen, in der Alltagsumgebung jedoch immer wieder auffallen (Wie et al. 2010, Lieu 2004). Daher sollen die-

se im Folgenden als Beispiel zur Herausarbeitung der wesentlichen Punkte dienen.

Funktionale Einobrigkeit hat zur Konsequenz, dass die Leistungen binauralen Hörens nicht mehr realisierbar sind. Dies betrifft vor allem die Lokalisationsfähigkeit von Schallquellen und die auditive Szenenanalyse, die im Weiteren die Grundlage zur bewussten Herauslösung kognitiv interessanter von unwesentlicher Information darstellt. Gerade letztere äußert sich in einer schlechteren Sprachdiskrimination im Störgeräusch. Diese hat offensichtliche Konsequenzen in Hinsicht auf den Bildungserwerb, da sie kognitive Ressourcen bindet, jedoch das schlussendliche Therapieziel – eine Verminderung der Höranstrengung – nur teilweise abbildet. Spannend ist auch, dass alle Kinder im Spracherwerb von einem verbesserten Signal-Rausch-Abstand (SNR) zu profitieren scheinen (Lewis et al. 2010, Riley & McGregor 2012). Dies sollte zusätzlich zu Hinweisen von dezidierten Zeitfenstern für die Hirnstammreifung – von Gordon et al. gut für die bilaterale CI-Versorgung gezeigt (Gordon et al. 2008) – eine Motivation zur frühzeitigen Versorgung auch einseitiger Schwerhörigkeiten darstellen. Solange uns keine Möglichkeiten zur Verfügung stehen, die „Höranstrengung“ in der Lesart der durch das Hören und Hörverstehen gebundenen Ressourcen besser zu charakterisieren, ist der SNR die primäre Orientierungsmarke, ohne das dahinter verborgene größere Ziel zu vernachlässigen.

Orientierender Vergleich verschiedener Hörsysteme: CROS-Versorgung

Gerade in Hinblick auf einseitige Taubheit wird häufig – auch von den Kostenträgern – die pseudobinaurale Rehabilitation mittels CROS-Versorgung (contralateral routing of signal) diskutiert. Da hierbei die akustischen Informationen auf das allein hörende Ohr zusammengeführt werden, werden alle zentralen Mechanismen zur binauralen Verarbeitung und Optimierung des SNR umgangen. Wie bereits umfassend dargelegt (Arndt et al. 2011) tritt eine Verbesserung des SNR in lediglich einer Situation – das Nutzsignal trifft auf der schlechter hörenden Seite ein – auf. In allen anderen Konditionen verschlechtert sich der SNR signifikant. Dies spiegelt sich auch in den subjektiven Erfahrungen und Beschreibungen der Patienten wider, die häufig nur wenig Benefit empfinden. Eine Anwendung bei Kindern, die im Spracherwerb stehen, ist daher mit der Maxime des optimalen SNR eher ungünstig bis kontraproduktiv. Ihre Stärken spielen diese Systeme, unabhängig von Kopplung über Funk, Kabel oder Realisierung als BAHS (bone anchored hearing solution), bei der Ansprechbarkeit von der schlechter hörenden Seite aus, die für Erwachsene in schwierigen kommunikativen Situationen (z. B. Konferenzen) durchaus gewinnbringend sein kann.

BAHS und teilimplantierbare Hörsysteme

Im Fall einer funktionalen einseitigen Schwerhörigkeit durch Schallleitungsblock bei Fehlbildung ist die Situation glücklicherweise etwas übersichtlicher. Prinzipiell ist eine echte binaurale Rehabilitation bei

funktionstüchtigem Innenohr möglich. Es stellt sich im Wesentlichen nur die Frage von Form und Zeitpunkt: Prinzipiell wird man mit einer Softbandversorgung mit einem BAHs beginnen, sobald eine ausreichende Kopfkontrolle beim Kind vorliegt, um ständige Rückkopplung durch Kontakt des Hörsystems mit der Umgebung zu vermeiden. Der frühe Beginn ist wichtig, um die entsprechende Hirnstammseite mit audiologischem Input in der Differenzierung zu unterstützen, wenn auch für diesen Fall noch keine wesentlichen elektrophysiologischen Daten vorliegen. Hier ist zu diskutieren, ob die hohe Asymmetrie beider Ohren sogar eine frühere Intervention aufgrund der lateralen Hemmung fordert. Als nächster Schritt kann dann eine audiologisch günstigere, aber invasive Versorgung im Alter von vier bis fünf Jahren erfolgen. Nach Anfertigung eines Computertomogrammes zur Beurteilung der Lokalsituation im Mastoid (Ausdehnung des Mastoids, Vorhandensein von Mittelohr und Ossikeln, Fazialisverlauf) kann operativ eine Knochenankerversorgung – wahlweise als transkutanes System mit Magnetkopplung – oder die Versorgung mit einem teilimplantierbaren Hörsystem erfolgen, die dann auch die definitive Versorgung bildet. Alle dieser Versorgungsmöglichkeiten sind zur echten binauralen Rehabilitation und damit zur annähernden Normalisierung der Hörsituation geeignet.

Cochlea-Implantat

Bei einseitiger Taubheit besteht mit dem Ziel der beidohrigen Rehabilitation lediglich die Möglichkeit einer hörprothetischen Versorgung mittels Cochlea-Implantat. Diesbezüglich sind bereits viele Ergebnisse aus der Versorgung von Erwachsenen publiziert, die in den wesentlichen Situationen einen Gewinn nachweisen und somit die Hypothese stützen, dass Kinder ebenfalls profitieren können. Die hier publizierten Fallserien sind jedoch noch klein, sodass Rückschlüsse auf den prinzipiellen Erfolg der Rehabilitation noch schwer zu ziehen sind. In der Differentialdiagnostik ist die ausgesprochen hohe Quote an Hörnervaplasie (~60 %) erwähnenswert.

Hilfsmittel

In der kontrollierten Umgebung der Schule und des Kindergartens besteht für Gruppenaktivitäten die Möglichkeit, den SNR mittels Funkübertragungsanlagen (FM-Anlage, digitale Systeme) für die Kinder

deutlich zu optimieren. Diese sollte regelhaft unabhängig von den anderen Rehabilitationsmöglichkeiten in der Praxis evaluiert werden.

Zusammenfassung

Folgt man dem oben geschilderten Musterkriterium die Höranstrengung zu minimieren, muss die Hörsystemversorgung folgende Kriterien erfüllen:

- Rechtzeitig in Hinblick auf die Reifung des Hirnstammes
- Maximierung des Signal-Rausch-Abstandes
- Echte binaurale Rehabilitation, sofern möglich

Berücksichtigt man dies, ist eine Maximierung der kognitiven Ressourcen wahrscheinlich. Weitere Forschungsergebnisse, die helfen, die Höranstrengung weiter zu charakterisieren, werden in Zukunft hilfreich sein, die Auswahl weitere Kriterien zu etablieren.

Literatur

- Arndt S et al. (2011) Comparison of pseudobinaural hearing to real binaural hearing rehabilitation after cochlear implantation in patients with unilateral deafness and tinnitus. *Otology & neurotology: official publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otolology and Neurotology*, 32 (1), pp. 39–47. Available at: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00129492-201101000-00008>
- Gordon KA et al. (2008) Abnormal timing delays in auditory brainstem responses evoked by bilateral cochlear implant use in children. *Otology & neurotology: official publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otolology and Neurotology*, 29 (2), pp. 193–198. Available at: <http://eutils.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/eutils/elink.fcgi?dbfrom=pubmed&id=18223446&retmode=ref&cmd=prlinks>
- Lewis D et al. (2010) Relationship between speech perception in noise and phonological awareness skills for children with normal hearing. *Ear Hear*, 31 (6), pp. 761–768. Available at: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00003446-201012000-00005>
- Lieu JEC (2004) Speech-Language and Educational Consequences of Unilateral Hearing Loss in Children. *Archives of otolaryngology – head & neck surgery*, 130 (5), pp.524–530. Available at: <http://archotol.jamanetwork.com/article.aspx?articleid=647448>
- Riley KG & McGregor KK (2012) Noise hampers children's expressive word learning. *Lang Speech Hear Serv Sch*, 43 (3), pp. 325–337. Available at: [http://lshss.pubs.asha.org/article.aspx?doi=10.1044/0161-1461\(2012/11-0053\)](http://lshss.pubs.asha.org/article.aspx?doi=10.1044/0161-1461(2012/11-0053))
- Wie OB, Pripp AH, Tvete O (2010) Unilateral deafness in adults: effects on communication and social interaction. *The Annals of otology, rhinology, and laryngology*, 119 (11), pp. 772–781. Available at: <http://eutils.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/eutils/elink.fcgi?dbfrom=pubmed&id=21140638&retmode=ref&cmd=prlinks>

Qualitätsanforderungen in der Frühversorgung mit Hörgeräten

Wie machen wir aus einem Kind und einem Hörgerät ein gut versorgtes Kind?



Thomas Steffens,
Universitätsklinikum Regensburg

Die rechtzeitige Erkennung frühkindlicher Hörstörungen, im Rahmen des Neugeborenen-Hörscreenings sogar bis zum sechsten Lebensmonat, ermöglicht eine ebenso frühzeitige Hörgeräteversorgung, wie sie im Konsenspapier der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie detailliert beschrieben ist (Wiesner et al. 2012). In Anbetracht des geringen Alters der Kinder stehen Versorgungskonzepte im Vordergrund, die in erster Linie eine optimale Hör- und Sprachentwicklung ermöglichen müssen. Hörkomfort oder klangästhetische Fragen, die einen starken Einfluss auf die Anpassungsmethoden im Erwachsenenbereich haben, sind in den ersten Lebensjahren von untergeordneter Bedeutung.

Die technisch-audiologischen Voraussetzungen zum Erreichen einer optimalen Hörgeräteversorgung, die dann wiederum Voraussetzung einer bestmöglichen Hör- und Sprachentwicklung ist, lassen sich durch sieben prinzipielle Faktoren beschreiben:

1. Optimierte Hörbarkeit
Je jünger die Kinder, desto größer muss der Sprachpegel für gleiche Diskrimination wie Erwachsene sein, insbesondere für leise und normallaute Sprache.
2. Effektive, automatische Störgeräuschreduktion
Je jünger die Kinder, desto größer muss der SNR für gleiche Diskriminationsfähigkeit wie Erwachsene sein.
3. Optimierte Verständlichkeit, Phonemdifferenzierbarkeit
4. Normalisierte Lautheit
5. Weitgehend offene Otoplastik und Feedback-Reduktion ohne Verstärkungsverlust
6. Data logging
7. Technische Unterstützung durch Fernbedienung, Digitalfunkempfänger und FM-Anlage

Zweifelsohne setzt eine optimale, an den Leistungen normalhörender Kinder orientierte Sprachentwicklung zuerst die bestmögliche Hörbarkeit aller Sprachlaute unter Alltagsbedingungen voraus, insbesondere unter Berücksichtigung der Variabilität der Sprachpegel und von Störgeräuschen. Mangelhafte Hörbarkeit kann in keiner der Verstärkung folgenden Stufe der Signalverarbeitung in einem Hörgerät vollständig kompensiert werden. Unzureichende Hörbarkeit durch zu geringe Ver-

stärkung ist bei der Qualitätskontrolle von Hörgeräteanpassungen der mit Abstand häufigste Mangel.

Eine besondere Aufmerksamkeit sollte insbesondere auf die vollständige Hörbarkeit aller Sprachlaute bei Sprachpegeln unterhalb der üblichen 65 dB SPL gelegt werden. Lazarus fasst 42 Untersuchungen zum energieäquivalenten Langzeitmittelungspegel (Leq) der Sprache in 1 m Abstand zum Sprecher in typischen audioverbalen Kommunikationssituationen in Ruhe (ohne relevante Störgeräusche) zusammen (Lazarus et al. 2007). Für normallaut gesprochene Sprache in 1 m Abstand zum Sprecher beträgt demnach der Median des Leq nur 60 dB SPL, relativ am häufigsten wurde mit einem Leq von 62 dB SPL gesprochen (Abbildung 1). Pearsons et al. haben festgestellt, dass in etwa 60 % der Unterhaltungen der Sprachpegel sogar noch niedriger liegt und der Leq bei einer typischen alltäglichen face-to-face Kommunikation mit geringem Störgeräuschpegel (< 48 dB SPL), der keine Veränderung der Sprechlautstärke nach sich zieht, sogar nur 55 dB SPL beträgt (Pearsons et al. 1977). Dass im Alltag häufig auch mehrere Meter entfernte Sprecher mit entsprechend niedrigeren Sprachpegeln gut hörbar sein müssen, ist ein weiterer Grund zur Optimierung der Verstärkung für niedrige Sprachpegel.

Die Optimierung der Hörgeräteverstärkung lediglich für die in der Audiometrie üblichen Sprachpegel von 65 dB SPL und 80 dB SPL überschätzt demnach den typischen Sprachpegel und damit die

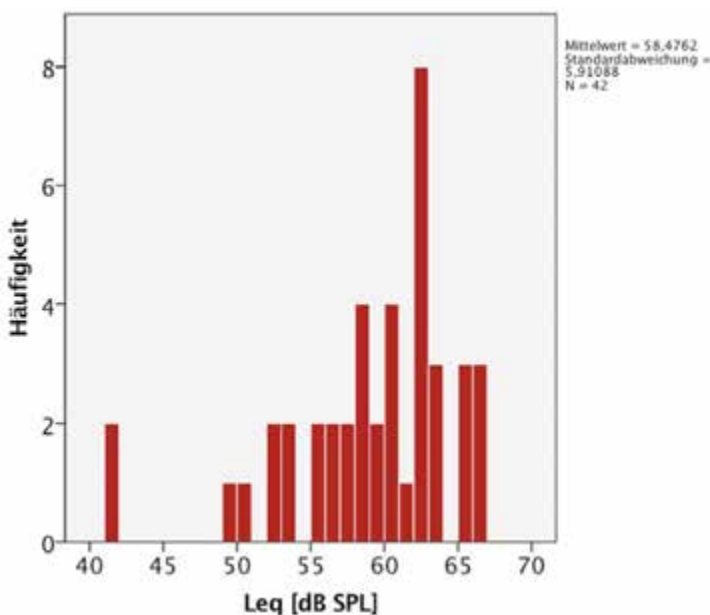


Abbildung 1: Häufigkeitsverteilung von Langzeitmittelpegeln fließender Sprache ohne relevante Störgeräusche (in 1 m Abstand zum Sprecher) in alltäglichen Kommunikationssituationen. Der Median des Leq beträgt 60 dB SPL.

Sprachverständlichkeit für die Majorität der Kommunikationssituationen. Zur Sicherung einer guten Hörgeräteversorgung sind demzufolge, unabhängig vom Alter, Verstärkungsoptimierungen für Sprachpegel mit einem Leq unterhalb von 65 dB SPL, z. B. bei 55 dB SPL, durchzuführen und zu kontrollieren.

Die Verstärkungseinstellung ist in erster Linie auf eine möglichst präzise Hörschwellenbestimmung und Differentialdiagnose angewiesen. Aufgrund des geringen Alters können nur zeitnah zur geplanten Versorgung durchgeführte objektive Luft- und Knochenleitungs-Schwellenbestimmungen mit frequenzspezifischer BERA, ASSR oder CERA die beste Genauigkeit und Reliabilität bieten. Wichtig ist dabei, die objektiven Luftleitungs-Potentialschwellen durch die Berücksichtigung der kleineren Außenohren und Gehörgänge um den Betrag der großen- bzw. altersabhängigen Real Ear to Dial Difference (REDD) zu korrigieren (Je kleiner die Ohren, desto höher ist der Pegel im Gehörgang und damit die Differenz zum angezeigten Wert.) und in „equivalent adult hearing levels“ bzw. „predicted hearing levels“ umzurechnen (Dillon 2012), falls dies nicht durch die Anpassungssoftware geschieht. Die derzeit gültige Kalibriernorm für elektrophysiologische Messungen beinhaltet nur Referenzwerte (RETSPL) für große Außenohren von Erwachsenen und führt vor allem bei der Verwendung von Einsteckhörer zu etwa 10 bis 15 dB höheren Pegeln in Gehörgängen von kleinen Kindern als bei Erwachsenen (Bentler & Pavlovic 1989). Die objektive Quantifizierung einer Luft-Knochenleitungs-Differenz ist wegen ihrem großen unmittelbaren Einfluss auf den Verstärkungsbedarf von größter Wichtigkeit und folglich die explizite Berücksichtigung der Schalleitungsstörung bei der Verstärkungsberechnung, die bei einigen Programmen zur Hörgeräteanpassung leider extra aktiviert werden muss. In der Praxis stellt sich bei der objektiven Verstärkungsmessung das Versäumnis der Berücksichtigung einer Schalleitungsstörung als eine der häufigsten und schwerwiegendsten Fehlerquellen dar. Wegen der großen Häufigkeit dieses Fehlers ist bei der Qualitätskontrolle ein besonderes Augenmerk darauf zu richten. Zur guten klinischen Praxis sind zusätzlich zur Schwellenbestimmung Tympanometrie, Stapedius-Reflex- und DPOAE-Messungen als ergänzender Beitrag zur Differentialdiagnose und ihrer Verlaufskontrolle, z. B. im Falle einer tubenbelüftungsbedingten Schalleitungsstörung, unabdingbar. Diese Messungen sollten begleitend zur Optimierung der Hörgeräteversorgung in kürzeren Zeitintervallen von z. B. drei bis sechs Monaten durchgeführt werden. Bei progredientem Schwellenverlauf kann eine jährliche objektive Hörschwellenkontrolle angezeigt sein.

Wegen der nur begrenzten Kooperationsfähigkeit in der subjektiven Audiometrie und bei der Hörgeräteanpassung sind adäquate schwellenbasierte präskriptive Anpassungsverfahren sowohl zur Optimierung der Hörbarkeit als auch der Sprachverständlichkeit und zur Lautheitsnormalisierung unumgänglich. Sie beinhalten sowohl Modelle zur hörschwellenabhängigen Optimierung der Sprachverständlichkeit, als auch zur Lautheitsnormalisierung. Nicht nur, dass mit diesen Verfahren die Grundverstärkung sinnvoll eingestellt wird, sondern auch Kompressionsfaktoren und Regelgeschwindigkeit. Für Kinder im Spracherwerb, auf jeden Fall bis zum Alter von drei bis fünf Jahren, stellt das Verfahren DSL V5 derzeit das alternativlose Optimum dar. Für ältere Kinder kommt auch das NAL-NL2-Verfahren in Betracht und kann in einer vergleichenden Anpassung gegenüber DSL V5 evaluiert werden. Auf eine individuelle nachträgliche Veränderung der Anpassung gegenüber den Zielvorgaben nach DSL V5 sollte, wenn immer möglich, verzichtet werden. Aufgrund der hohen Bedeutung von leiser Sprache ist eine Überprüfung des Verstärkungsverlaufs in Relation zu der Zielkurve für Sprachpegel von 50 oder 55 dB SPL obligatorisch.

Ist ein relevanter, schwer- oder unversorgbarer Hochtonhörverlust vorhanden, sollte ein Frequenzerniedrigungsverfahren angewendet werden. Da die Studienlage eine ausreichende Differenzierung der konkurrierenden Verfahren der Frequenzkompression und Frequenzverschiebung derzeit für den Kleinkinderbereich nicht zulässt, kann noch keine abschließende Priorität für eines der beiden konkurrierenden Verfahren angegeben werden. Nach bisherigen Erkenntnissen erscheint die Frequenzkompression ein geeignetes Verfahren zu sein. Auf jeden Fall sollte die Anwendung dieser Verfahren bei erheblichem Hochtonverlust immer in Zusammenhang mit der Alternative einer bimodalen (elektro-akustischen) Cochlea-Implantat-Versorgung abgewogen werden, um der Gefahr einer Deprivation und Reifungsstörung für hohe Frequenzen zu begegnen.

Die Optimierung der Verstärkung ist eng verbunden mit der Verwendung einer effektiven Rückkopplungsunterdrückung, die ohne simple Verstärkungsreduktion arbeitet, damit keine Hörbarkeit durch den Einsatz der Rückkopplungsunterdrückung verloren geht. Trotz Rückkopplungsunterdrückung sollte die Qualität der Otoplastik nicht vernachlässigt und aufgrund des schnellen Außenohr-Wachstums regelmäßig in Abständen von wenigen Monaten überprüft werden. Deren Bauart soll sich primär an den akustisch-audiologischen Prioritäten aufgrund des Hörschwellenverlaufs orientieren und darf, wenn immer möglich und audiologisch sinnvoll, auch weitgehend offen ausgelegt werden. Auch in der Frühversorgung sollte bei einem gut versorgbaren Hochtonabfall an kreativen Lösungen zur Gestaltung einer offenen Schallzuführung gearbeitet werden. Mikroschläuche, wie sie in der offenen Versorgung bei Erwachsenen verwendet werden, können z. B. in Kombination mit einer Halteotoplastik selbst bei sehr kleinen Gehörgängen zur offenen Versorgung bei adäquatem Hörverlust angewendet werden.

Für einen bestmöglichen Spracherwerb ist neben der ausreichenden Hör- und Differenzierbarkeit für Sprache in Ruhe wegen der im Alltag unausweichlichen Störgeräusche ebenso ein bestmögliches Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) notwendig. Je jünger die Kinder, desto größer muss das SNR sein, um eine gleich große Sprachverständlichkeit im Vergleich mit einem Erwachsenen zu ermöglichen (Gravel et al. 1999, Boothroyd 1997). Eine effektive Störgeräuschunterdrückung in Form von Richtmikrofonwirkung und Störgeräuschfilterung sollte deshalb immer Bestandteil einer guten Hörgeräteanpassung im frühen Kindesalter sein, da gerade für das Erlernen der Sprache ein bestmögliches SNR für kleine Kinder wichtiger als bei allen anderen Hörgeräträgern ist (Dillon 2012). Für das immer wieder von Hörgerätekern vorgetragene Argument, dass sich Kinder zuerst mit den Störgeräuschen auseinandersetzen müssen und lernen sollen, aus diesen heraus Sprache zu identifizieren, gibt es überhaupt keine Evidenz. Im Gegenteil, dadurch wird die optimale Hör- und Sprachentwicklung unter Umständen sogar gefährdet, wenn Kinder häufig mit Störgeräuschen konfrontiert werden und dadurch die Expositionszeit gegenüber gut verständlicher Sprache relevant vermindert wird (Spreng 2002).

Beide Störgeräuschreduktionsverfahren, Störsignalfilterung und Richtmikrofonwirkung, sind anzuwenden und nach Möglichkeit automatisch von den Hörgeräten zu steuern. Eine Störsignalfilterung verändert das Sprachsignal nur unwesentlich, da sie nur außerhalb des Sprachfrequenzbereichs wirksam ist, so lange in den Frequenzkanälen mit Sprache ein ausreichend positives SNR besteht. Sie vermindert aber zur Sprache konkurrierende Schallsignale in Frequenzkanälen ohne Sprache und verbessert dadurch die Aufmerksamkeit

für und Wahrnehmung von Sprachsignalen und vermindert die Höranstrengung auch bei Kindern. Eine geringe Verbesserung der Sprachverständlichkeit wird durch Filterung bzw. Verringerung des Pegels tieffrequenter Schallsignale dadurch erreicht, dass deren Aufwärtsmaskierung auf gleichzeitig vorhandene höherfrequente Sprachfrequenzen vermindert wird. Richtmikrofone verbessern das SNR tatsächlich und zwar im Mittel unter den akustischen Alltagsbedingungen (mehrere Störquellen im Raum verteilt, variable Einfallrichtung von Sprache) um 2 bis 3 dB. Die Richtwirkung kann invariant nach vorne oder variabel in Richtung des lautesten Sprechers adaptiv geregelt werden. Eine feste Richtwirkung hat den Vorteil, dass sie mit der Kopfbewegung synchronisiert ist und Blickfeld und Richtwirkung übereinstimmen. Dies setzt bei Babys und Kleinkindern aber die muskuläre Fähigkeit zur autonomen Kopfbewegung voraus, die bei normalentwickelten Kindern erst im Alter von mehreren Monaten vorhanden ist. Sprache aus der ebenfalls invarianten Richtung stärkster Dämpfung, bei Schalleinfall von hinten, wird allerdings auch um einige dB abgeschwächt. Ein weiteres Argument für eine starre Richtwirkung wäre die Begrenzung der Direktionalität auf hohe Frequenzen und eine omnidirektionale Mikrofoncharakteristik für tiefe Frequenzen, um den Richtwirkungseffekt der Pinna nachzuahmen. Zur Vermeidung der Nachteile starrer Richtmikrofone sollte zumindest bei sehr jungen Kindern eine adaptive Richtwirkung bevorzugt werden. Gegen die Anwendung von adaptiven Richtmikrofonen werden aber auch Bedenken geäußert, dass sie die Entwicklung der Lokalisationsfähigkeit behindern. Als Gegenargumente ist die in der Realität doch recht begrenzte tatsächliche Richtwirkung und die grundsätzliche Beeinflussung des Richtungshörens aufgrund der Störung des Zeitaufhebungsvermögens durch die Innenohrschwerhörigkeit selbst und der Basis-Signalverarbeitung der Hörgeräte unabhängig von der Störgeräuscherdrückung ins Feld zu führen. Bemerkenswert ist, dass in Australien nach den Vorgaben der NAL seit 2009 adaptive Richtmikrofone zum Standard der Hörgeräteversorgung ab dem Alter gehören, ab dem kleine Kinder ihren Kopf selbstständig bewegen können.

In Anbetracht des geringen Lebensalters sind die Methoden der objektiven technisch-audiologischen Verifikation der Hörgeräteanpassung die erste Wahl zur Qualitätssicherung. An erster Stelle steht nach wie vor die in-situ-Messung des Ausgangsschalldruckpegel und der Verstärkung, die durch eine RECD-basierte Kupplermessung mit ausreichender Genauigkeit substituiert werden kann. Die in-situ-Messung bietet die Sicherheit, dass auf jeden Fall die akustischen Eigenschaften der Otoplastik in die Messung mit eingeht, die bei der Kupplermessung explizit für die Vorberechnung der Zielkurven angegeben werden muss und eine potenzielle Fehlerquelle darstellt. In beiden Verfahren ist allerdings die Angabe zur Berücksichtigung einer Schalleitungsstörung, also der Knochenleitungsschwellen, zur korrekten Berechnung der Zielkurven ebenso wichtig, wie in der Anpassungssoftware. Nur mit diesen beiden Verfahren können die in der Frühversorgung kleiner Kinder akustisch relevanten Altersabhängigkeiten der Gehörgangslänge und der Außen- und Mittelohrimpedanz individuell berücksichtigt werden. Hierbei ist ebenfalls die kritische Berücksichtigung bzw. Nicht-Berücksichtigung einer Schalleitungsstörung bei der Verstärkungseinstellung sofort als starke Abweichung von den Zielkurven erkenntlich. Als Messsignal muss unbedingt die fließende Sprache, z. B. das Internationale Sprachtestsignal (ISTS) und nicht Rauschen oder Sinuston-Sweeps verwendet werden. Als Basismessung und für den Zielkurvenvergleich ist damit eine Perzentilanalyse (Speechmap) durchzuführen, die die Pegelverteilung der verstärkten fließenden Sprache analysiert. Ergänzend sollte, wenn möglich, die

fließende Sprache der Hauptbetreuungsperson, in der Regel der Mutter, z. B. durch Vorlesen einer Textpassage wie „Nordwind und Sonne“ in die Perzentilanalyse einbezogen werden. Zur Berücksichtigung der Variabilität der Sprachschallpegel sind mehrere Pegel des ISTS, insbesondere aber 50, 65 und 80 dB SPL zu verwenden. Die Hauptbetreuungsperson sollte in einem typischen Abstand zum Kind mit ihrer üblichen Sprachlautstärke sprechen. Das primäre Ziel der Qualitätskontrolle, eine ausreichende Hörbarkeit aller Sprachlaute, ist nach derzeitiger Auffassung dann erreicht, wenn die 30%-Perzentile der Sprachpegelverteilung bei allen getesteten Sprachpegeln über der Hörschwelle liegt (Wiesner et al. 2012, EUHA Arbeitskreis Perzentile 2014). Der Langzeit-Mittelwert des Sprachspektrums (LTASS) sollte mit den Zielkurven nach DSL V5 oder NAL-NL2 bei möglichst allen Frequenzen übereinstimmen. Wenn die Messanlage eine objektive Maßzahl für die potenzielle Hörbarkeit der Sprachlaute wie z. B. den Speech Intelligibility Index (SII) anzeigt, kann dessen Maximierung als sekundäre Größe neben der Übereinstimmung mit den Zielkurven zur Optimierung der Hörbarkeit verwendet werden. Zur Beurteilung der Unbehaglichkeitsgrenze (UCL) können sowohl das ISTS, als auch Rauschen und Umweltgeräusche verwendet werden. Deren 99%-Perzentil sollte die UCL-Zielkurven nicht überschreiten. Am Kuppler sollte abschließend immer auch noch die Wirksamkeit der Störgeräuschreduktion mit alltagsrelevanten Störgeräuschen dokumentiert werden. Eine Zielgröße für die Höhe der Verstärkungsreduktion ist allerdings nicht vorhanden. Sollte vor Ort keine in-situ-Messanlage vorhanden sein, sollten diese wichtigen Messungen vom Hörgeräteakustiker angefordert werden.

Eine subjektive audiometrische Kontrolle zur initialen Validierung der Anpassung steht in ihrer Genauigkeit in umgekehrt proportionalem Zusammenhang mit dem Lebensalter und eignet sich in der Frühversorgung kleiner Kinder nicht im selben Maße wie bei Erwachsenen zur kritischen Bewertung der Hörgeräteanpassung. Dennoch sollten schon von Beginn der Versorgung an altersgerechte Reaktionen auf Sprachreize erfasst werden, auch um die Kinder an diese Prozeduren frühzeitig zu gewöhnen und zu trainieren. In der Geräuschaudiometrie kann die Hörschwelle für Sprache (z. B. ISTS) als Anhaltspunkt zur Bewertung der Hörbarkeit gemessen werden, auch wenn ihre Genauigkeit im Vergleich zu den objektiven technisch-audiologischen Messungen der Verstärkung erheblich geringer ist. Akzeptabel im Sinne der Erkennung von groben Anpassungsfehlern, z. B. der fehlenden Berücksichtigung einer möglicherweise neu hinzugekommenen Schalleitungsstörung, wären konditionierte Reaktionsschwellen mit Hörgerät je nach Alter im Bereich von 30 bis 50 dB HL, die unter Berücksichtigung der typischen Differenzen von Kleinkind-Reaktionsschwellen zur tatsächlichen Hörschwelle zu interpretieren sind. Ein sicheres Indiz für eine optimale Hörbarkeit für Sprachlaute bieten aber keine in dieser Altersklasse durchführbaren subjektiven Methoden, insbesondere auch nicht die altersgerechte Sprachaudiometrie.

Häufig verwendet und durchaus sinnvoll ist die Bestimmung der Hörbarkeit von Sprache durch den Vergleich zwischen der Hörschwelle mit Hörgerät und dem Langzeit-Sprachpegelspektrum (LTASS) normal-lauter Sprache. Dabei kann die Hörschwelle mit Hörgerät aus den objektiven Schwellenangaben und der in-situ oder mittels RECD am Kuppler gemessenen Verstärkung approximiert werden. Die Verwendung der klassischen „Sprachbanane“ nach Fant als Zielvorgabe im Tonaudiogramm birgt aber einen erheblichen Fehler und führt zu einer kritischen, zu guten Beurteilung der Hörbarkeit, da die darin angegebenen Sprachpegel aus nachfolgend erläuterten Gründen zu hoch sind und deshalb nicht das LTASS der normallauten Spra-

che (65 dB SPL) in Bezug zur tonaudiometrischen Hörschwelle widergeben.

Fant gibt in seinen Erläuterungen zur Entstehung der „Sprachbanane“ an, dass die zugrunde gelegten Sprachpegelmessungen aus einer Untersuchung aus dem Jahr 1959 stammen, die anderen Zwecken diene und bei der durch die Limitierung der damaligen Messtechnik nicht die fließende Sprache, sondern nur die Artikulation isoliert gesprochener Einzelphoneme gemessen wurde (Fant 2005). Dabei wurden also keine Sprach- und Betonungspausen und vor allem nicht die Koartikulationen in der fließenden Sprache, z. B. schwächer artikuliert Endlaute, erfasst. Beide Effekte verringern den Langzeit-Mittelungspegel der fließenden Sprache gegenüber den Pegeln von Einzellaute. Fraglich ist auch, ob die von Fant beschriebene Untersuchungsgruppe von fünf bis sieben (schwedischen) Männern eine ausreichende Repräsentativität bietet und ob deren Sprachlautstärke tatsächlich mit einer normallaut gesprochenen fließenden Sprache übereinstimmt. Die größten Pegelfehler sind aber wahrscheinlich dadurch entstanden, dass Fant bei allen angegebenen Details der Messung an keiner Stelle erwähnt, dass er den Bandbreiteneffekt der Messfilter auf die gemessenen Sprachpegel im Sinne der Sinustonhörschwellen im Tonaudiogramm korrigiert hat. Das Tonaudiogramm gibt ja die Hörschwelle für Sinustöne, also maximal schmalbandige Signale, wider. Bei dem Vergleich von breitbandiger gemessenen Schallpegeln mit der Tonhörschwelle müssen die Breitbandpegel deshalb in Spektralpegel mit einer Bandbreite von 1 Hz umgerechnet werden. Die für die Sprachpegelanalyse verwendeten Filterbandbreiten betragen bei Fant 45 Hz für Messungen unter 4 kHz und 140 Hz ab 4 kHz. Damit sind die Frequenzbandpegel unterhalb von 4 kHz um 17 dB, ab 4 kHz um 21 dB höher als die korrespondierenden Spektralpegel. Die kleinen Ungenauigkeiten der Freifeldhörschwellen aus der Zeit der Sprachmessungen zu aktuellen Angaben können gegenüber den vorherigen Fehlergrößen vernachlässigt werden. Die derzeit repräsentativsten und korrekt auf die akustische Gegebenheit des Tonaudiogramms (Spektralpegel und Bezug zur Normalhörschwelle) umgerechneten LTASS-Pegel können der ANSI-Norm S3.5 zum Speech Intelligibility Index entnommen werden (ANSI S3.5, 1997). Da im SII-Verfahren für den LTASS der normallauten Sprache der repräsentativere Langzeitmittelwertpegel von 62 dB SPL verwendet wird, ist noch eine kleine Umrechnung auf den Standardpegel von 65 dB SPL durch Anhebung aller Spektralpegel um 3 dB durchzuführen. In Abbildung 2 sind zum Vergleich das Sprachpegelfeld nach ANSI S3.5 und die „Sprachbanane“ nach Fant für einen Sprachpegel von 65 dB SPL eingetragen.

Zur Bewertung der Hörbarkeit möglichst aller Sprachlaute sollte unbedingt das Sprachpegelfeld nach ANSI S3.5 verwendet werden, das sich leicht durch Begrenzungslinien bei 20 und 50 dB HL approximieren lässt. Weicht der Langzeitmittelwert des Sprachpegels von dem hier zugrunde gelegten Pegel von 65 dB SPL ab, muss das Sprachpegelfeld im Ganzen um den Differenzbetrag in Richtung höherer oder niedrigerer Pegel verschoben werden. Zur Optimierung der Hörbarkeit von normallauter Sprache mit 65 dB SPL sollte die Hörschwelle mit Hörgerät bei möglichst allen Frequenzen in der Nähe von 20 dB HL liegen.

Eine gute Versorgung zeichnet sich zuletzt auch dadurch aus, dass die ausgewählten Hörgeräte bei Bedarf optional durch eine Fernbedienung eingestellt werden können und die Hör- und Sprachförderung durch eine digitale Funkübertragung von externen Audiogeräten, insbesondere von Funkmikrofonen, unabhängig von der Raumakustik oder Störgeräuschen, intensiviert werden kann.

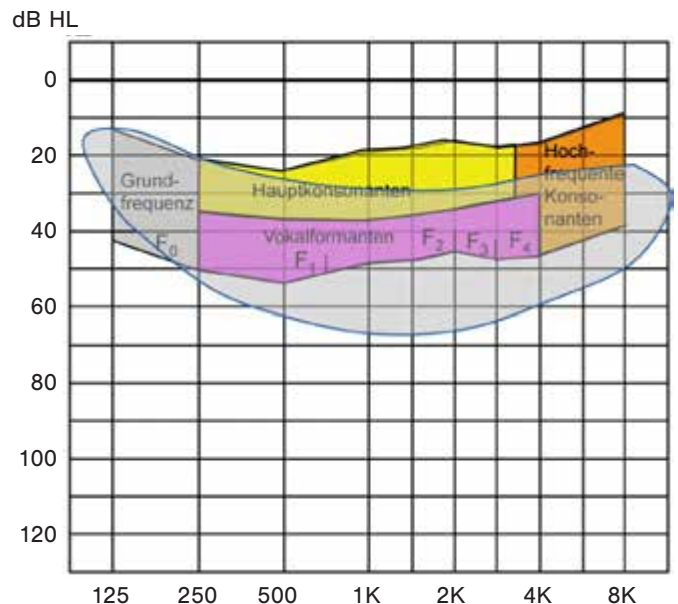


Abbildung 2: Sprachpegelfeld nach ANSI 3.5 für normallaute fließende Sprache (Leq 65 dB SPL in 1 m Abstand zum Sprecher) und überlagerte „Sprachbanane“ nach Fant. Die „Sprachbanane“ ist nicht repräsentativ für die Sprachpegelverteilung im Tonaudiogramm und führt zu einer kritisch falschen, weil zu guten Bewertung der Hörbarkeit.

Mit der Validierung der Hörgeräteanpassung sollte sofort begonnen werden. Auch in der Frühphase der Versorgung lassen sich schon Elternfragebögen zu Hör- und ggf. Sprachreaktionen einsetzen. Data logging bietet ergänzend dazu eine hervorragende technische Möglichkeit, sowohl die Hör- und Sprachförderung anhand der akustischen Umgebungsbedingungen zu optimieren als auch die tatsächliche Nutzung der Hörgeräte zu dokumentieren. Die tatsächliche Qualität der Hörgeräteversorgung wird sich aber erst mittel- und langfristig durch eine strukturierte Hör- und Sprachentwicklungsdiagnostik offenbaren.

Literatur

- ANSI S3.5 (1997) Speech Intelligibility Index
- Bentler R, Pavlovic C (1989) Transfer functions and correction factors used in hearing aid evaluation and research. *Ear Hear* 10 (1), 58–63
- Boothroyd A (1997) Auditory development of the hearing children. *Scand Audiol Suppl.* 46, 9–16
- Dillon H (2012) *Hearing Aids*, 2. Ed., Thieme Verlag
- EUHA Arbeitskreis Perzentile (2014) „Elchtest“ für die Perzentilanalyse. Europäische Union der Hörgeräteakustiker e. V., www.euha.org/assets/Uploads/Arbeitskreis-Perzentile/EUHA-Elchtest-fuer-die-Perzentilanalyse.pdf, abgerufen am 17.01.2016
- Fant G (2005) „Speech Acoustics and Phonetics“, in: *Text, Speech and Language Technology*, Vol. 24, Springer Netherlands
- Gravel JS, Fausel N, Liskow C, Chobot J (1999) Children’s speech recognition in noise using omnidirectional and dual-microphone hearing aid technology. *Ear Hear* 20 (1), 1–11
- Lazarus H, Sust Ch A, Steckel R, Kulka M, Kurtz P (2007) *Akustische Grundlagen sprachlicher Kommunikation*. Springer Verlag
- Pearsons KS, Bennett RL, Fidell S (1977) Speech levels in various noise environments (Report No. EPA-600/1-77-025). Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency
- Spreng M (2002) Die Wirkung von Lärm auf die Sprachentwicklung des Kindes. In: Huber L., Kahlert J, Klatt M. (Hg.) *Die akustisch gestaltete Schule – Auf der Suche nach dem guten Ton*. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen
- Wiesner T, Bohnert A, Limberger A, Massinger C, Nickisch A (2012) Konsenspapier der DGPP zur Hörgeräte-Versorgung bei Kindern, Vers. 3.5. Deutsche Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie, www.dgpp.de/cms/pages/de/profibereich/konsensus.php, abgerufen am 17.01.2016

Wie beschreibt uns ein Kind die Wirkung der elektrischen Stimulation durch sein CI-System



Joachim Müller-Deile,
Audiologie Konsultant, Kiel



Matthias Hey,
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Einleitung

Kongenital taube Kinder sollten vor dem zwölften Lebensmonat mit einem Cochlea-Implantat (CI) versorgt sein, um normale Sprachfähigkeiten entwickeln zu können (Ching et al. 2009). Eine grundlegende Aufgabe im Rahmen der Therapie mit einem CI ist die Anpassung des Sprachprozessors an die individuellen Bedürfnisse des Patienten. Die Hersteller der CI-Systeme unterstützen diese Aufgabe mit einer Vielzahl von Parametern in ihrer Anpassungssoftware zur Erstellung der sogenannten Maps, die all diese individuellen Daten für die Nutzung im Stimulationsencoder zusammenfasst. Hierfür werden Informationen über die Wirkung der elektrischen Stimulation auch von den Säuglingen und Kleinkindern benötigt.

Wichtig ist bei der Programmierung der Maps die Bestimmung von Schwellenwerten für jeden Stimulationskanal. Zur Festlegung der Hörschwelle (T-Wert), also der Reizintensität bei der der Patient gerade etwas sehr leise wahrnimmt, und der Stimulationsintensität maximal angenehmer Lautheit (C-Wert) werden bei Erwachsenen und Jugendlichen in der Regel gut entwickelte psychoakustische Verfahren eingesetzt. Bei Säuglingen und Kleinkindern stützt man sich, wie in der Pädaudiologie generell, gerne auf die Ergebnisse objektiver audiologischer Verfahren in Ergänzung zu verhaltensaudiometrischen Ergebnissen. Es gibt bisher keine allgemein akzeptierte Anpassmethode und die Parameterwahl ist häufig von der Erfahrung und dem Können des Audiologen abhängig.

In verschiedenen Arbeiten werden die Schwellen der über die elektrische Stimulation der Hörnerven ausgelösten Stapediusreflexe (z. B. Stephan und Welzl-Müller 2000) ebenso wie die Schwellen der elektrisch evozierten auditorischen Hirnstammpotenziale (Van den Borne et al. 1994) und der elektrisch evozierten Summenaktionspotenziale des Hörnervs (Cafarelli Dees et al. 2004) als nützliche Schätzer für T- und C-Werte vorgestellt.

Ziel

Es sollen hier die objektiven Techniken beschrieben und diskutiert werden, die im Rahmen der Sprachprozessor-Anpassung bei Säuglingen

und Kleinkindern mit Hilfe der Stapediusreflex-Schwellenmessung (ESRT) und der Registrierung elektrisch evozierter Summenaktionspotenziale (ECAP) eingesetzt werden.

Stapediusreflex

Die evozierte Kontraktion des M. Stapedius lässt sich direkt nach der Insertion des Elektrodenträgers vom Operateur als Reaktion auf die elektrische Stimulation über das CI durch das Operationsmikroskop beobachten und durch Variation der Stimulusintensität kann die Schwelle visuell bestimmt werden. Die Messung der ESRT ist aber auch zu jedem Zeitpunkt im Verlauf der Rehabilitation mit dem CI mit Hilfe eines Impedanzaudiometers, wie es in der klinischen Routineaudiometrie eingesetzt wird, registrierbar. Dies kann sowohl ipsi- als auch kontralateral zu dem implantierten Ohr erfolgen. Das Verfahren erfordert ein unbeeinträchtigtes Mittelohr. Ein gut ausgebildetes Maximum im Tympanogramm ist demnach eine Voraussetzung für den Erfolg der Messung. Postoperativ kann der Stapediusreflex im Rahmen der CI-Versorgung auf zwei Weisen ausgelöst werden: Entweder es werden einzelne Elektroden unter Nutzung der herstellerabhängigen Programmiersoftware stimuliert oder die Stimulation erfolgt im freien Schallfeld mit Schmalbandrauschen über einen Lautsprecher, wobei der Sprachprozessor mit der aktuellen Map genutzt wird. Als physiologische Reaktion wird die durch den Stapediusreflex bedingte Impedanzänderung aufgezeichnet.

Die postoperative Messung der Schwellen der Stapediusreflexe aller Elektroden ist bei bis zu 22 Elektroden sehr zeitaufwendig und bei Kindern häufig schwierig, da sie die Sonde im Gehörgang nicht immer gut tolerieren. Hinzu kommt, dass erfahrene, erwachsene CI-Träger die Lautheit der Stimulation an der Reflex-Schwelle zwar im Mittel als „mittellaut“ skalierten, aber bei einem Viertel der untersuchten Elektroden die Lautheit bei ESRT oberhalb von „laut“ lag. Deshalb nutzen wir nicht die postoperativ gemessenen, sondern die intraoperativ bestimmten Schwellen im Rahmen der Erstanpassung.

Bei 54 mit dem Nucleus CI 24 versorgten Patienten haben wir die intraoperativ gemessenen Reflexschwellen an 397 Elektroden verglichen mit Schwellen, die wir postoperativ registrierten. Die postoperativen

Daten wurden mindestens ein halbes Jahr nach Erstanpassung erhoben. Sie lagen im Mittel acht Stimulationseinheiten (su) niedriger als die intraoperativ gemessenen ESRT. Die große Standardabweichung dieser Differenz von 19 su dokumentiert eine hohe Streuung bei einer niedrigen aber hochsignifikanten Korrelation der Messergebnisse (RSpearman = 0,32, $p < 0,0001$).

Stephan und Welzl-Müller (2000) fanden bei sechs Patienten mit Implantaten der Firma Med-el eine sehr gute Korrelation der ESRT mit den bei der Programmierung der Sprachprozessoren benötigten C-Werten ($r = 0,92$). Ähnlich gute Übereinstimmungen konnten wir bei 205 Elektroden von 18 mit einem Highfocus-Implantat der Firma Advanced Bionics versorgten Erwachsenen nicht finden (RSpearman = 0,1; $p = 0,14$). Auch wenn die mittlere relative Differenz () mit $0,03 \pm 0,37$ klein war, ergaben sich im Einzelfall doch erhebliche relative Abweichungen (Q25 = -0,20; Q75 = 0,27). Wenn also die während der Operation visuell gemessenen Reflexschwellen nicht in jedem Fall einen guten Schätzwert für den C-Wert darstellen, sind sie doch als Obergrenze für die Wahl der beim Programmieren der Sprachprozessoren benötigten C-Werte im Rahmen der Erstanpassung geeignet.

Die Messung der ESRT im freien Schallfeld wird eingesetzt, um die gewählten Einstellungen in der Map zu überprüfen und Überstimulationen in der täglichen Nutzung zu vermeiden. Stapediusreflex-Schwellen unterhalb von 70 dB geben Hinweise auf eine notwendige Reduktion der C-Werte der im entsprechenden Frequenzbereich stimulierten Elektroden (Abbildung 1).

Die Stapediusreflex-Schwellen bei Reizung mit Schmalbandrauschen der Mittenfrequenzen 0,5; 1; 2 und 4 kHz bieten jedoch keinen Hinweis auf die mögliche Sprachverständlichkeit mit dem CI. Bei erfahrenen postlingual ertaubten erwachsenen CI-Patienten, die einen Nucleus Freedom Sprachprozessor nutzen, zeigte sich in der Verständlichkeit der mit 70 dB präsentierten Einsilber des Freiburger Sprachverständlichkeitstests zwischen dem Kollektiv das keine nachweisbaren Stapediusreflexe hatte ($n = 32$) und einer Gruppe bei der die Reflexe bei allen vier Stimuli nachweisbar waren ($n = 51$) kein Unterschied (Kruskal-Wallis $p = 0,23$).

ECAP: Die Schwellen der elektrisch evozierten Summenaktionspotenziale können als ein Indikator für die C-Werte dienen (Craddock et al. 2003). Zu ihrer Registrierung bietet sich die automatische Nervenreaktion Telemetrie (AutoNRT) (van Dijk et al. 2007) an. Es ist ein einfach zu bedienendes, schnelles und zuverlässiges Werkzeug. Die Bestimmung der AutoNRT Schwellenwerte (TAutoNRT) für alle 22 Elektroden lässt sich intraoperativ durchführen während der Operateur die Wunde schließt. Es dauert im Mittel 7 ± 2 min ($n = 423$ Elektroden-Arrays). Nach der Erstanpassung des Sprachprozessors ist die Schwellenmessung an allen Elektroden mit 5 ± 2 min ($n = 2672$) sogar noch schneller. Die automatisch bestimmten Schwellen entsprechen im Wesentlichen den manuell ausgewerteten Ergebnissen. Eine Nachuntersuchung von 28 410 TAUTO-NRT-Messungen bei 328 Freedom Cochlea-Implantat (CI24RE) Patienten durch drei erfahrene Audiologen zeigte nur geringe Unterschiede zwischen den Schwellen. Die absoluten Differenzen waren in 83 % der Fälle nicht größer als drei su und überschritten in 93 % der Fälle nicht sechs su.

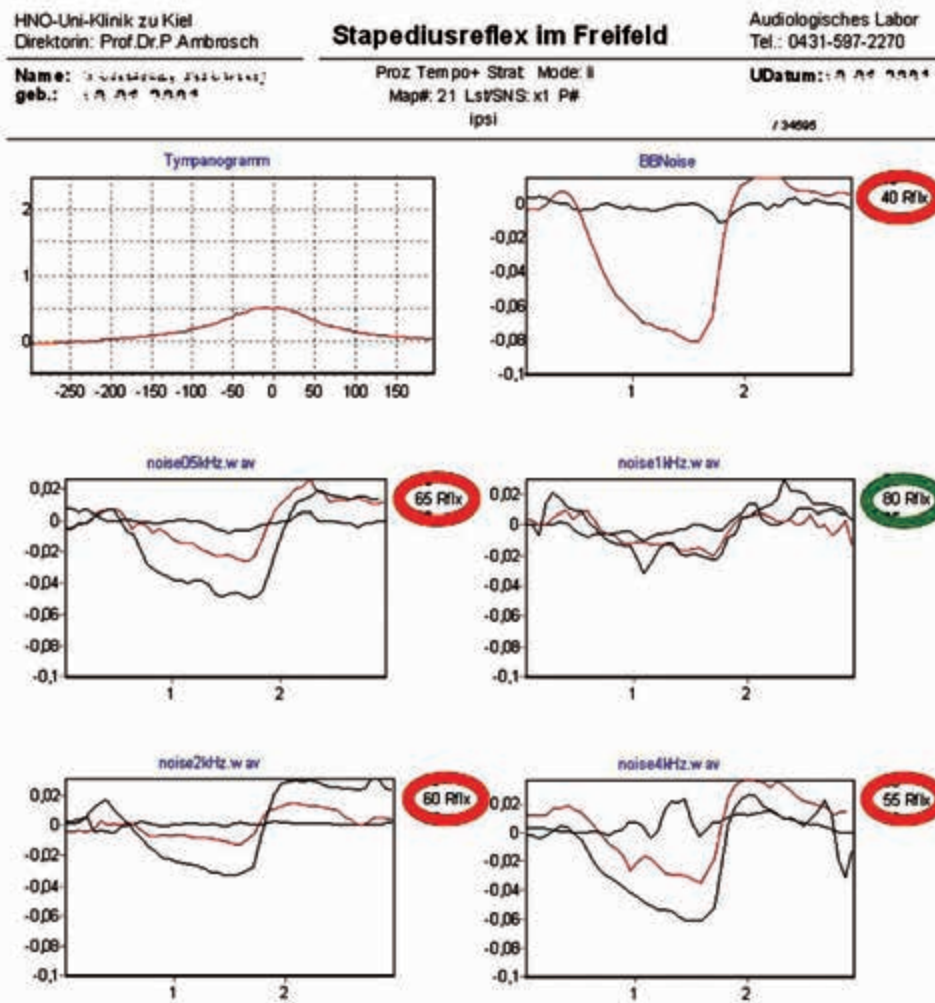


Abbildung 1: Stapediusreflex-Messungen im freien Schallfeld. Stimulation mit Schmalbandrauschen der Mittenfrequenzen 0,5; 1; 2 und 4 kHz sowie einem Breitbandrauschen (BBnoise). Sprachprozessor Tempo+, ipsilaterale Registrierung. Die rot markierten Reflexschwellen geben Hinweise auf zu hoch gewählte C-Werte.

Es besteht ein erheblicher Unterschied zwischen den ECAP-Schwellen, die während der Operation aufgezeichnet wurden und jenen, die während der Erstanpassung etwa fünf Wochen nach der Operation erhalten wurden (mittlere absolute Differenz 15 ± 14 su; $n = 10195$ Elektroden, CI24RE Implantate). Im Gegensatz dazu sind die im Verlauf der CI-Nutzung gemessenen AutoNRT-Schwellen sehr stabil. Sie werden bei den jährlichen Untersuchungen erfolgreich zur Kontrolle eingesetzt. Bei in einem Abstand von einem Monat erfolgten AutoNRT-Messungen liegt die mittlere absolute Differenz der

Schwellen (5 ± 5 su; $n = 10\,741$) in der gleichen Größenordnung wie die Test-Retest-Reproduzierbarkeit bei den intraoperativen Messungen (6 ± 7 su; $n = 4\,101$) oder später im Nutzungsverlauf des CIs am gleichen Tag durchgeführter Messungen (5 ± 5 su; $n = 3\,140$).

Es gibt jedoch Hinweise darauf, dass die TAutoNRT nicht unabhängig vom C-Wert der täglich genutzten Map sind wie das in Abbildung 2 gezeigte Beispiel eines mit einem Advanced Bionics Implantat versorgten Kindes zeigt. In sechs Fällen mit Nucleus CI24 Implantaten, bei denen wir die C-Werte schrittweise über einen längeren Zeitraum um bis zu 60 su verringerten, reduzierten sich die NRT-Schwellen entsprechend [Kortmann und Müller-Deile 2012]. Wenn man dies berücksichtigt, ist besonders bei den sehr jungen Kindern Vorsicht angezeigt, damit es durch die Wahl der C-Werte nicht zu Überstimulationen einzelner Elektroden kommt. Die Kinder können an die hohen Reizintensitäten adaptieren und durch die damit verbundenen breiteren Felder kann die Frequenzauflösung der Stimulation beeinträchtigt werden, was mit einem negativen Einfluss auf die Sprachverständlichkeit einhergehen kann.

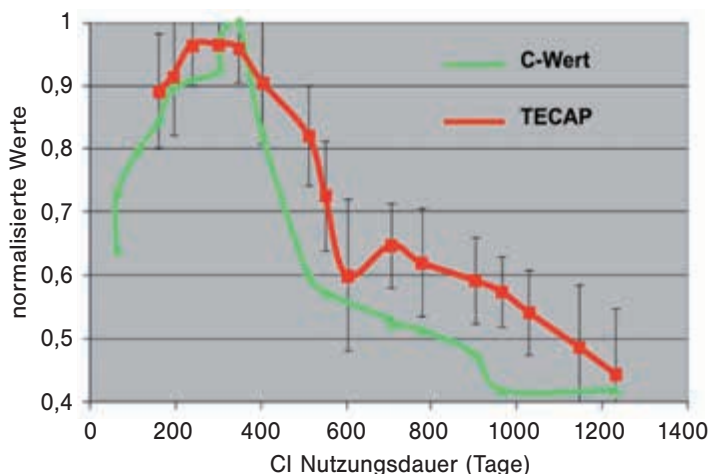


Abbildung 2: Abhängigkeit der ECAP Schwellen von den C-Werten der täglich genutzten Map.

Zeitlicher Verlauf der gemittelten normierten C-Werte und ECAP-Schwellen aller Elektroden eines HighRes 90K Implantats. Da die alle C-Werte gleich geändert wurden, ist nur bei den Mittelwerten der ECAP die Standardabweichung angegeben.

Map-Programmierung

In der klinischen Routine wird in Kiel seit 2004 für Patienten mit einem CI der Firma Cochlear ein NRT-gestütztes Anpassverfahren, ähnlich wie das von Botros & Psarros 2010 vorgeschlagene, nicht nur bei Säuglingen und Kleinkindern, sondern auch bei Erwachsenen im Rahmen der Erstanpassung eingesetzt.

Dabei werden die TAutoNRT für jede Elektrode des Arrays erfasst. Diese Messungen sind in der Regel problemlos möglich, wenn das Kind durch ein Spiel abgelenkt ist. Dann wird die ACE-Strategie mit 12 Maxima und einer Stimulationsrate von 1 200 pps ausgewählt. Die C-Werte werden, entsprechend dem Verlauf der TAutoNRT, deutlich unterhalb dieser Schwellen eingestellt. Die T-Werte werden, entsprechend dem mittleren Dynamikbereich von Erwachsenen, CI24-Nutzern 50 su unterhalb der C-Werte gesetzt. Die auf diese Weise erstellte Map wird in den Sprachprozessor geladen und im Livemodus aktiviert.

Diese Einstellungen werden in der Regel bei den Kindern zu keinen Hörempfindungen führen. Es werden nun bei Präsentation von Sprache mit etwa 70 dB die T- und C-Werte synchron so lange erhöht, bis eine erste subjektive Reaktion des Kindes beobachtet werden kann. Dabei wird darauf geachtet, dass die intraoperativ gemessenen Stapediusreflex-Schwellen nicht überschritten werden. Mit diesem Vorgehen kann eine erste Map einfach, schnell und sicher auch für Kinder die bei der Anpassung jünger als ein Jahr sind, erstellt werden. Es gewährleistet, dass das Kind nicht über- oder unterstimuliert wird. Weitergehende unabhängige Änderungen der Stimulationsparameter basaler oder apikaler Elektroden werden in diesem Stadium nicht durchgeführt, da es nicht möglich ist, hierfür geeignete und zuverlässige Verhaltensinformationen von dem Kleinkind zu erhalten.

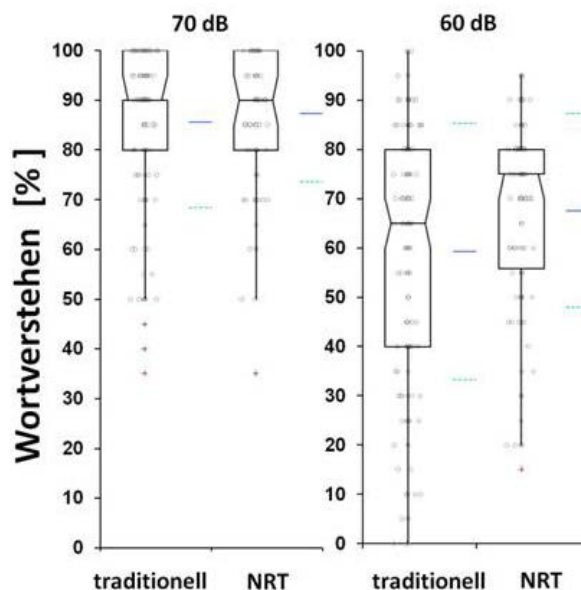


Abbildung 3: Vergleich der Sprachverständlichkeit bei Patienten, die mit psychoakustischen Verfahren für die T- und C- Werte Bestimmung angepasst wurden (traditionell, $n = 160$ Patienten) und Patienten, die mit dem TAutoNRT-basierten Verfahren angepasst wurden (NRT, $n = 111$). Freiburger Einsilber in Ruhe bei 60 und 70 dB. Erwachsene postlingual ertaubte Patienten mit Ertaubungsdauer < 30 Jahre, keine Begleiterkrankungen, Dauer der CI-Nutzung > zwei Jahre. Bei 70 dB liegen die Mediane des Wortverstehens beider Gruppen im Sättigungsbereich. Der Unterschied bei 60 dB (Median 10 %, Kruskal Wallis $p < 0,05$) kann eher durch die Verwendung von moderneren Sprachprozessoren als durch das automatisierte Anpassverfahren erklärt werden.

Fazit

Objektive audiological Verfahren unterstützen die Programmierung der CI-Sprachprozessoren zuverlässig bei Kindern und Erwachsenen. Die Kombination intraoperativ gemessener Stapediusreflex-Schwellen mit den im Rahmen der Erstanpassung gemessenen Schwellen der Summenaktionspotenziale aller Elektroden und einfachen subjektiven Hörreaktionsschwellenbestimmungen bietet eine schnelle und verlässliche Methode zur Erstellung erster Maps. Die im freien Schallfeld mit akustischen Stimuli unter Nutzung des Sprachprozessors ausgelösten ESRTs sind geeignet, die so erstellten Maps zu überprüfen. So sind Überstimulationen ebenso vermeidbar, wie Sprachprozessorprogramme die zu leise sind. Regelmäßige Feinabstimmungen der

Maps während des Rehabilitationsprozesses sind unverzichtbar. Hierbei werden neben den beschriebenen objektiven Messungen altersentsprechende psychoakustische und sprachaudiometrische Verfahren eingesetzt.

Literatur

- Botros A, Psarros C (2010) Neural Response Telemetry Reconsidered: I. The relevance of ECAP threshold profiles and scaled profiles to cochlear implant fitting. *Ear Hear.* 31 (3), S. 367–79
- Cafarelli Dees D, Dillier N, Lai WK, von Wallenberg E, van Dijk B, Akdas F, Aksit M, Batman C, Beynon A, Burdo S, Chanal JM, Collet L, Conway M, Coudert C, Craddock L, Cullington H, Deggouj N, Fraysse B, Grabel S, Kiefer J, Kiss JG, Lenarz T, Mair A, Maune S, Müller-Deile J, Piron JP, Razza S, Tasche C, Thai-Van H, Toth F, Truy E, Uziel A, Smoorenburg GF (2005) Normative findings of electrically evoked compound action potential measurements using the neural response telemetry of the Nucleus CI24M cochlear implant system. *Audiol Neurootol.* 10 (2), S. 105–16
- Ching T, Dillon H, Day J, Crowe K, Close L, Chisholm K, Hopkins T (2009) Early language outcomes of children with cochlear implants: Interim findings of the NAL study on longitudinal outcomes of children with hearing impairment. *Cochlear Implants International* 10, S. 1:28–32
- Craddock L, Cooper H, van de Heyning P, Vermeire K, Davies M, Patel J, Cullington H, Ricaud R, Brunelli T, Knight M, Plant K, Dees DC, Murray B (2003) Comparison between NRT-based MAPs and behaviourally measured MAPs at different stimulation rates—a multi-centre investigation. *Cochlear Implants Int.* 4 (4), S. 161–70
- Kortmann T, Müller-Deile J (2012) Are electrically evoked potential thresholds independent of the speech processor's map parameters? Paper presented at: The 7th International Symposium on Objective Measures in Auditory Implants, Sep 19–22; Amsterdam
- Müller-Deile J (2009) Verfahren zur Anpassung und Evaluation von Cochlear Implant Sprachprozessoren. Median-Verlag, Heidelberg
- Stephan K, Welzl-Müller K (2000) Post-operative stapedius reflex tests with simultaneous loudness scaling in patients supplied with cochlear implants. *Audiology.* Jan-Feb; 39 (1), S. 13–8
- Van den Borne B, Mens LH, Snik AF, Spiess TH, Van den Broek P (1994) Stapedius reflex and EABR thresholds in experienced users of the Nucleus cochlear implant. *Acta Otolaryngol. Mar;* 114 (2), S. 141–3
- van Dijk B, Botros AM, Battmer RD, Begall K, Dillier N, Hey M, Lai WK, Lenarz T, Laszig R, Morsnowski A, Müller-Deile J, Psarros C, Shalloo J, Weber B, Wesarg T, Zarowski A, Offeciers E (2007) Clinical results of AutoNRT, a completely automatic ECAP recording system for cochlear implants. *Ear Hear.* Aug 28 (4) S. 558–70

Welche Maße stehen uns für die Beurteilung des Versorgungserfolges zur Verfügung?



Peter Kummer,
Regensburg

Bei der frühen Versorgung der angeborenen und frühkindlich erworbenen Schwerhörigkeit kommt der Beurteilung des Erfolges besondere Bedeutung zu. Nicht nur dient sie dazu, die Qualität der Anpassung von Hörgeräten zu bestätigen oder ggf. Korrekturen vorzunehmen, sondern auch, zwischen Versorgungsalternativen zu entscheiden, insbesondere in Grenzfällen zwischen der Versorgung mit Hörgerät oder Cochlea-Implantat. Während im Rahmen der Verifikation einer Hörgeräteversorgung die Frage nach Hörbarkeit von Sprache im Mittelpunkt steht (siehe Thomas Steffens, Seite), soll die Validierung einer Versorgung darüber hinaus vor allem Fragen nach der Diskrimination von Sprache, der Entwicklung von Lautsprache und Kommunikation beantworten, jenseits davon auch der Gesamtentwicklung und Teilhabe des Kindes. Welche Methoden dazu in der Praxis eingesetzt werden, ist Gegenstand dieses Beitrages.

Die Beurteilung des Versorgungserfolges sollte fortlaufend und engmaschig in individuell zu treffenden Abständen erfolgen, zunächst im Abstand von drei Monaten, später von sechs Monaten. Immer hat sie auch die Bedeutung einer Verlaufsdagnostik. Diese dient nicht allein dazu, die in der Regel als „Arbeitshypothese“ aus Daten objektiv audiometrischer Verfahren abgeleiteten Schätzungen des Hörverlustes zu erhärten, sondern muss auch das Risiko der Progredienz einer Schwerhörigkeit berücksichtigen, von dem mindestens etwa 10 % kindlicher Schwerhörigkeiten betroffen sein dürften (Gross 2014, Homer et al. 2000). Die besondere Herausforderung ergibt sich daraus, dass Fortschritte der expressiven Sprachentwicklung erst spät beurteilt werden können, die sichere Beurteilung von Entwicklungsfortschritten der Sprachwahrnehmung und Lautsprache immer den Zeiträumen folgt, in denen die dazu notwendigen Grundlagen gelegt werden. Besondere Aufmerksamkeit verdient daher die prognostische Validität diagnostischer Instrumente. Eine besonders eingehende und individuelle Bewertung der Entwicklungsumstände erfordern regelmäßig Umstände bilingualer Sprachentwicklung und Entwicklungsbehinderungen; sie erfordern zusätzlich etwa die Orientierung an der Sprachanregung oder der non-verbalen Entwicklung.

Methodisch gesehen, ergänzen die zur Erfolgsbeurteilung einer Versorgung in der Validierung eingesetzten Verfahren das in erster Linie

„objektiv“ audiometrisch geprägte Spektrum elektrophysiologischer Untersuchungen und technischer Prüfverfahren, die zur Schwellenbestimmung und zur Verifikation der Hörgeräteversorgung eingesetzt werden. Auch wenn sie der traditionellen Terminologie folgend als „subjektive“ Verfahren bezeichnet werden, sollte dies nicht darüber hinweg täuschen, dass sich ihre Beurteilung und Durchführung an teststatistischen Ansprüchen messen lässt und in vielen Fällen genügt, sie daher richtigerweise eher als „aktive“ Verfahren bezeichnet werden könnten. Unter den audiometrischen Verfahren gehören dazu schwellenbezogene und sprachaudiometrische Verfahren, die auf die Hörbarkeit von Sprache und auf das Sprachverstehen abzielen. Darüber hinaus sind insbesondere Verfahren der Sprachentwicklungsdiagnostik notwendig.

Schwellenbezogene Verfahren können in Form der Aufblähkurve die versorgte Schwelle bestimmen und geben einen Anhalt für die Hörbarkeit von Sprache. Ihre Aussagekraft liegt bei Verfahren der Verhaltensbeobachtung zunächst im Vergleich des versorgten mit dem unversorgten Zustand. Neben variablen Einflussgrößen seitens des Kindes hängt ihre Präzision vor allem auch vom Verfahren der Reaktionsbildung ab. Schon früh, d. h. ab dem zweiten Lebenshalbjahr, erlaubt eine visuelle Konditionierung wie später eine spielaudiometrische Konditionierung eine weitgehende Präzisierung (Widen 1993, Widen et al. 2000, Nielsen et al. 1997). Eine frequenzabhängige Beurteilung ist genauso notwendig wie eine seitengetrennte Untersuchung. Letztere kann bei symmetrischem Hörvermögen einfach sein, bei asymmetrischem Hörvermögen, solange eine Vertäubung nicht möglich ist, aber auch schwierig bis unmöglich. Die seitengetrennte Hörprüfung mittels Einsteckhörer, verbunden mit der technischen Verifikation, ist gerade auch dann sinnvoller als die Messung der versorgten Schwelle. Informationen über die Stabilität des Gehörs zu gewinnen, ist ein wesentlicher Bestandteil der Verlaufsdagnostik; gerade im Vergleich mit Vorbefunden gibt ein Schwund versorgter Schwellen den einfachsten Hinweis für eine Progredienz oder mangelhafte Versorgung. Grundlegende Bedeutung haben subjektive schwellenbezogene Verfahren bei Störungen aus dem Spektrum der auditorischen Neuropathie/Synaptopathie, bei welchen objektive, audiometrische Verfahren keine Schwellenbestimmung erlauben.

Das wesentliche Kriterium zur Erfolgsbeurteilung und den meist entscheidenden Versorgungsendpunkt stellt die Diagnostik der Sprachentwicklung dar. Sie baut darauf auf, dass die Sprachentwicklung hörgeschädigter Kinder nach Früherkennung und -versorgung im ersten Lebenshalbjahr, bei frühem Interventionsbeginn und normalen nonverbalen kognitiven Fähigkeiten, grundsätzlich zeitlich und inhaltlich dem Verlauf der normalen Sprachentwicklung folgen kann (Moeller 2011, Yoshinaga-Itano et al. 1998, Ching et al. 2010). Trifft die Annahme einer normalen kognitiven Entwicklung nicht zu, ist eine Diagnostik der nonverbalen Entwicklung, mittels Instrumenten wie z. B. des SON-R 2½-7 (Tellegen et al. 2007) erforderlich, um die Erwartungen an die Sprachentwicklung daran zu orientieren.

Expressive Leistungen der Sprachproduktion sowie rezeptive Leistungen des Sprachverständnisses werden auf den verschiedenen sprachlichen Ebenen von Phonetik und Phonologie (Aussprache, Bildung von Lauten und Einsatz im Sprachsystem), Semantik und Lexikon (Wortbedeutung, Wortschatz), Morphologie und Syntax (Wort- und Satzgrammatik) und Pragmatik (situationsangemessener Sprachgebrauch) beurteilt.

Die Sprachentwicklungsdiagnostik bietet dazu unterschiedliche Instrumente. Besonders während der frühen Entwicklung bis zum Ende des zweiten Lebensjahres spielen Beobachtungen der Eltern oder auch Therapeuten aus dem Umfeld des Kindes eine wesentliche Rolle. Mittels standardisierter Fragebogen können diese Beobachtungen gleichzeitig strukturiert wie ökonomisch und valide erfasst werden. Sie werden ergänzt durch die informelle Untersuchung der Sprachentwicklung und der Spontansprache. Ab dem dritten Lebensjahr ist in der Regel eine Untersuchung mit Testverfahren möglich, die teststatistischen Ansprüchen genügen. Ihre Normierung, die meist in Halbjahresstufen vorliegt, erlaubt sowohl einen Vergleich mit der Altersnorm wie auch eine Beschreibung des Entwicklungsrückstandes. Ein Vergleich auch mit der nonverbalen Entwicklung, der gerade bei großen Rückständen der Allgemeinentwicklung hilfreich ist, kann Rückschlüsse auf das Ausmaß des hörbedingten Entwicklungsrückstandes erlauben. Grundsätzlich wird dazu auf die Leitlinie „Diagnostik von Sprachentwicklungsstörungen (SES), unter Berücksichtigung umschriebener Sprachentwicklungsstörungen (USES)“ verwiesen (<http://www.awmf.org/leitlinien/aktuelle-leitlinien/ll-liste/deutsche-gesellschaft-fuer-phoniatry-und-paedaudiologie-ev.html>).

In den ersten beiden Lebensjahren geben Meilen- und Grenzsteine der Sprachentwicklung eine Orientierung über den Stand der frühen Entwicklung, in der erste Schritte des Wortverstehens und der Wortproduktion, der Entwicklung von Wortschatz und Syntax vergleichsweise leicht zu identifizieren sind. Meilensteine markieren dabei die durchschnittliche Entwicklung, also Benchmarks, die die Hälfte der Kinder in den genannten Zeiträumen erreichen, wie etwa das erste Wort und seine Vorläufer zum Ende des ersten Lebensjahres. Sie sind auch für Eltern gut zu bewerten. Grenzsteine markieren Altersbereiche, in denen 90 Prozent der Kinder diesen Entwicklungsschritt erreicht haben sollten; werden sie nicht erreicht, kann damit ein Risiko einer möglicherweise unzureichenden Versorgung identifiziert werden. Einerseits sollten dann Art und Qualität der Versorgung in Frage gestellt, andererseits die Notwendigkeit zusätzlicher Hilfsmaßnahmen geprüft werden. Auch durch Fragebögen, wie z. B. den Hörfragebogen und den Sprachproduktionsbogen LittLEARS® können solche frühen expressiven und auch rezeptiven Leistungen strukturiert und valide erfasst werden (Kühn-Inacker et al. 2003, Coninx et al. 2009, Schramm et al. 2009). Mit 24 Monaten weist der Wortschatz als Ergebnis des Wortschatzspurts, der normalerweise schnellen Wortschatzentwicklung im vierten Lebenshalbjahr, mit einem Umfang von mindestens 50 Worten, ebenfalls einen markanten Grenzstein auf, der zu diesem Zeitpunkt valide erfasst werden kann, durch Instrumente wie z. B. ELFRA II (Grimm und Doil 2006), ELAN-R (Bockmann und Kiese-Himmel 2006) oder FRAKIS (Szagun und Stumper 2009, 2013). Zur Sprachbeurteilung durch Eltern liegen bemerkenswerterweise auch Verfahren für die kinderärztliche Vorsorgeuntersuchungen U7 (SBE-2-KT) und U7a (SBE-3-KT) vor, die in vielen Fremdsprachen übersetzt sind und auch online frei verfügbar sind (Suchodoletz et al. 2009, Suchodoletz und Sachse 2009). Neben der Wortschatzentwicklung wird dabei auch die Entwicklung von Grammatik und Syntax erfragt (SBE-3-KT).

Für eine standardisierte Sprachentwicklungsdiagnostik stehen geeignete Verfahren ab dem dritten Lebensjahr zur Verfügung, z. B. SETK-2, SETK-3-5 (Grimm, Aktas und Frevert 2000, 2010). Sie prüfen zunächst etwa kombiniert expressive und rezeptive sprachliche Leistungen, wie die Sprachproduktion und das Sprachverstehen von Wörtern und Sätzen; ab dem vierten Lebensjahr stehen dann Verfahren, die einzelne sprachliche Leistungen prüfen, etwa den aktiven Wortschatz (AWST-R, Kiese-Himmel 2005), Leistungen der Grammatikentwicklung in expressiver, aber auch rezeptiver Form (TROG-D, Fox 2008) zur Verfügung. Manche von ihnen, wie etwa zur Überprüfung des Wortschatzes, können orientierend leicht auch bei bilingualer Entwicklung eingesetzt werden. Ab dem dritten Lebensjahr liegen auch normierte Verfahren für die Bewertung der Aussprache vor (Fox 2009).

Verfahren der Sprachaudiometrie erlauben in der frühen Kindheit erst später und eine – vergleichsweise – unsicherere Beurteilung des Versorgungserfolges. Während sie bei Erwachsenen primär dazu herangezogen werden und ein weites diagnostisches Spektrum aufweisen, unterstützt durch eine breite Palette von Sprachmaterialien mit unterschiedlichen linguistischen und kognitiven Anforderungen, von Logotomen über Einsilber wie gerade den Freiburger Einsilbertest, der Leistungen der Lautdiskrimination nicht nur für diagnostische Zwecke, sondern auch zur Evaluation der Hörgeräteanpassung differenziert zu beurteilen erlaubt, über Mehrsilber/Zahlen bis hin zu Sätzen und Fließtexten, die das alltagsnahe Sprachverstehen, auch in unterschiedlichen Störgeräuschnsituationen, beurteilen lassen, stehen für die Erfolgskontrolle der frühkindlichen Hörgeräteversorgung keine sprachaudiometrischen Untersuchungsverfahren mit vergleichbarer Validität zur Verfügung.

Vielmehr müssen bei der Anwendung sprachaudiometrischer Testverfahren in der frühen Kindheit eine Reihe von Einschränkungen in Kauf genommen werden, zunächst in der Auswahl des Sprachmaterials, das dem Entwicklungsalter hinsichtlich linguistischer als auch kognitiver Anforderungen entsprechend einfach gestaltet sein muss, aber auch hinsichtlich der Alltagsnähe der Untersuchungsbedingungen, wobei in der Regel alleine eine Untersuchung in Ruhe möglich ist. Überwiegend Ein- und Zweisilber, aber auch redundantere Sprachmaterialien wie zusammengesetzte Wörter werden dazu eingesetzt. Zu den schon lange erprobten und in der Praxis überwiegend eingesetzten Verfahren, wie dem Göttinger (Chilla et al. 1976, Gabriel et al. 1976) und Mainzer Kindersprachtest (Biesalski et al. 1974), gibt es eine Reihe von Kritikpunkten, so dass in den letzten Jahren neue Verfahren hinzu kamen, mit ganz unterschiedlichen Vor-, aber auch Nachteilen. In den ersten Lebensjahren sind freilich nur wenige davon, wie der MATCH (Schirkonyer et al. 2014), der Würzburger Kindersprachtest (Völter et al. 2005) oder der Adaptive Auditive Sprachtest (Coninx 2005) einsetzbar. Mit ihrer Anwendung in der frühen Kindheit werden aufgrund spezifischer Anforderungen notwendigerweise Kompromisse geschlossen, die bei der Beurteilung bedacht sein sollten.

An erster Stelle dieser Anforderungen steht die allgemeine Verständlichkeit des Sprachmaterials. Sie orientiert sich zwangsläufig immer an den jüngsten Kindern, für die das Material eingesetzt werden soll. Seine semantische Einfachheit und die Reduktion auf den Lautbestand und Lautkombinationen der frühen Sprachentwicklung sind folgenreich. Die Schwierigkeit vieler Kindersprachtestmaterialien wurde schon lange als niedrig eingeschätzt, „zwischen Freiburger Zahlen und Einsilbern“ (Lehnhardt. 1987). Ebenso aber blieb unbekannt, wo ihre Schwierigkeit genau liegt, und insbesondere, ob ihre Ergebnisse

eine Vorhersage von Sprachverständlichkeit erlauben, wie sie mit Testinstrumenten für Erwachsene erzielt werden, die auch zur Indikation einer CI-Versorgung herangezogen werden. Die klinische Erfahrung zeigt, dass eine Vorhersage späterer Diskriminationsleistungen etwa des Freiburger Einsilbertests aus kindersprachaudiometrischen Untersuchungsergebnissen nicht möglich ist: ihre prognostische Validität erscheint aus dieser Sicht eingeschränkt.

Auch wenn die meisten Verfahren, z. B. der Mainzer, Göttinger oder Würzburger Kindersprachtest verschiedene Untertests anbieten, die es erlauben, mit steigendem Alter auch zunehmend schwereres Sprachmaterial anzubieten, werden dieselben Materialien jeweils meist zur Verwendung für Zeiträume von zwei Jahren vorgeschlagen. Mit fortschreitender Sprachentwicklung nimmt die Schwierigkeit des Materials dabei immer wieder ab; die Kürze der Listen trägt ebenfalls dazu bei, dass Lerneffekte die Schwierigkeit zusätzlich senken.

Das Material des MATCH wurde zum Beispiel der frühesten Wortschatzentwicklung entnommen, dem Wortschatzinventar, welches im SBE-2-KT (s. o.) zur Bewertung der expressiven Wortschatzentwicklung mit 24 Monaten Verwendung findet. Wort- und auch Bildmaterialien älterer Testverfahren (Göttinger, Mainzer Kindersprachtest), die zum Teil veraltet erscheinen, wurden demgegenüber als Hemmnis gewertet, das die Untersuchung erschweren können. Solche „Erschwerisse“ sind zwar einerseits vermeidbar, führen im Ergebnis jedoch allein zu einer Unterschätzung, nicht jedoch zu einer Überschätzung des Versorgungserfolges. Um auch in Grenzfällen hochgradiger Schwerhörigkeiten die Indikation einer CI-Versorgung zu erkennen, erscheint jedoch allein eine zu geringe Schwierigkeit sprachaudiometrischer Verfahren gefährlich.

Konsequenzen ergeben sich auch aus der Art der Durchführung der Testverfahren. Um die Anforderung einer Nachsprechleistung und die damit verbunden oft schwierige Beurteilung der Artikulation zu umgehen, wurde bereits der Mainzer und Göttinger Kindersprachtest durch die Möglichkeit einer Bildauswahl ergänzt, die die offene in eine geschlossene Testung überführt. Um möglicherweise bestehende, distraktive Wirkungen zu reduzieren, die aus der Auswahl aus einer großen Anzahl von zehn Bildern im Mainzer Kindersprachtest entstehen, werden meist vier (bis sechs) Bilder zur Auswahl verwendet. Damit ist der Nachteil verbunden, dass die Diskriminationsleistung vereinfacht wird, z. T. gar auf Vokalkontraste reduziert wird (MATCH, AAST), wenn nicht zumindest Materialien mit gleichen Vokalen gewählt werden (z. B. die AAST Version mit Konsonantenkontrasten, der Göttinger Kindersprachtest). Statt anspruchsvoller Diskriminationsleistungen wird also möglicherweise nur eine einfache Diskrimination von Maximalkontrasten geprüft. Darüber sollte auch nicht täuschen, dass die Aufgabe als Ganzes, wenn man die Diskriminationsfunktionen etwa des MATCH mit der des Freiburger Einsilbertests vergleicht, keineswegs einfacher zu sein scheint.

Eine letzte, wesentliche Anforderung ist schlicht die Testdauer, die kaum kurz genug sein kann, bedenkt man die Zahl wünschenswerter Untersuchungen. Dazu zählen eine seitengetrennte Untersuchung, die nicht allein bei normal lauten, sondern auch bei abgesenkten Pegeln durchgeführt wird, um Hinweise auf eine zu geringe Verstärkung zu erhalten, darüber hinaus auch bei hohen Pegeln, gerade, wenn die Diskrimination unvollständig bleibt. Mehrere Listen dazu einzusetzen, liegt oft jenseits der Grenzen der kindlichen Ausdauer. Das erschwert auch grundsätzlich den Vergleich verschiedener Hörgeräteversorgungen, wenn man bedenkt, dass mit der Kürze der Listen, die z. B. nur

zehn Items umfassen, die Schwierigkeit zunimmt, tatsächlich signifikante Ergebnisunterschiede nachzuweisen (Thornton und Raffin 1978). Bestimmungen der Sprachverständlichkeitsschwelle, die selbstständig und motivationsfreundlich durchführbar sind, wie etwa bei MATCH und AAST, könnten da eine sinnvolle Ergänzung darstellen.

Die Diagnostik der Sprachentwicklung stellt damit das wichtigste Kriterium der Erfolgsbeurteilung einer Hörsystemversorgung in der frühen Kindheit dar. Sie weist zunächst Elemente der Befragung vor allem der Eltern auf, umfasst ab zwei Jahren den Einsatz standardisierter Testverfahren und erfordert zur Bewertung auffälliger Ergebnisse gegebenenfalls auch die Berücksichtigung der non-verbalen Entwicklung als Maßstab. Verfahren der Kindersprachaudiometrie schließen Kompromisse zwischen Material, Durchführung und Testdauer und sind ab dem dritten Lebensjahr einsetzbar. Sie sind weniger als anspruchsvolle sprachaudiometrische Tests im engeren Sinne anzusehen, sondern eher als Testmaterial zur eingeschränkt vergleichenden Beurteilung des Versorgungserfolges.

Literatur

- Biesalski P, Leitner H, Leitner E, Gaugel P (1974) Der Mainzer Kindersprachtest im Vorschulalter. HNO 22: 160
- Bockmann A-L, Kiese-Himmel C (2006) ELAN – Eltern Antworten. Göttingen: Beltz (ELAN-R 2012 im Druck)
- Chilla R, Gabriel P, Kozielski P, Bansch D, Kabas M (1976) Der Göttinger Kindersprachverständnistest I. HNO 24: 342–6
- Ching TYC, Crowe K, Martin V, Day J, Mahler N, Youn S, Street L, Cook C, Orsini J (2010) Language development and everyday functioning of children with hearing loss assessed at 3 years of age. Int J Speech Lang Pathol. 12 (2):124–131
- Coninx F (2005) Konstruktion und Normierung des Adaptiven Auditiven Sprach-Test (AAST) 24. Kongress der Union der Europäischen Phoniater. Berlin, 16.-18.09.2005. Düsseldorf, Köln: German Medical Science. <http://www.egms.de/de/meetings/dgpp2005/05dgpp045.shtml>
- Coninx F, Weichbold V, Tsiakpini L, Autrique E, Bescond G, Tamas L, Compernel A, Georgescu M, Koroleva I, Le Maner-Idrissi G, Liang W, Madell J, Mikic B, Obrycka A, Pankowska A, Pascu A, Popescu R, Radulescu L, Rauhamäki T, Rouev P, Kabatova Z, Spitzer J, Thodi Ch, Varzic F, Vischer M, Wang L, Zavala JS, Brachmaier J (2009) Validation of the LittlEARS(R) Auditory Questionnaire in children with normal hearing. Int J Pediatr Otorhinolaryngol. 73 (12): 1761–8
- Fox, AV (2008) TROG-D – Test zur Überprüfung des Grammatik-Verständnisses (3. Aufl.). Idstein: Schulz-Kirchner
- Fox AV (2009) PLAKSS Psycholinguistische Analyse kindlicher Sprechstörungen (3., korr. Aufl.). Frankfurt: Harcourt-Test Services
- Gabriel P, Chilla R, Kiese C, Kabas M, Bansch D (1976) Der Göttinger Kindersprachverständnistest II. HNO 24: 399–402
- Grimm H, Aktas M, Frevert S (2000) Sprachentwicklungstest für zweijährige Kinder SETK-2. Göttingen: Hogrefe
- Grimm H, Aktas M, Frevert S (2001; 2. überarb. Aufl. 2010) Sprachentwicklungstest für dreis- bis fünfjährige Kinder SETK 3–5. Göttingen: Hogrefe
- Grimm H, Doil H (2006) ELFRA – Elternfragebögen für die Früherkennung von Risikokindern (2., überarb. Aufl.). Göttingen: Hogrefe
- Gross M (2014) Versorgung bei Kindern in Zahlen. Zeitschrift für Audiologie, Sonderheft Nr. 2/2014, 34–36
- Homer JJ, Linney SL et al. (2000) Neonatal hearing screening using the auditory brainstem response. Clin Otolaryngol 25: 66–70
- Kauschke C, Siegmüller J (2010) Patholinguistische Diagnostik bei Sprachentwicklungsstörungen (PDSS). 2nd ed. München [u.a.]: Urban und Fischer
- Kiese-Himmel C (2005) Aktiver Wortschatztest für 3- bis 5-jährige Kinder – Revision (AWST-R). Göttingen: Beltz
- Kuehn-Inacker H, Weichbold V, Tsiakpini L, Coninx F, D'Haese P (2003) LittlEARS-Hörfragebogen. Innsbruck: Med-el
- Lehnhardt E (1987) Praxis der Audiometrie (6. Aufl.). Stuttgart, New York: Thieme Verlag
- Moeller MP (2011) Language Development: New Insights and Persistent Puzzles. Seminars in Hearing 32 (2): 172–181
- Nielsen SE, Olsen SO (1997) Validation of play-conditioned audiometry in a clinical setting. Scand Audiol 26: 187–191
- Schirkonyer V, Bohnert A, Keilmann A, Janssen T (2014) MATCH – ein neuer Kindersprachtest (in German: MATCH – a new speech test for children), 17. DGA-Jahresversammlung
- Schramm B, Keilmann A, Brachmaier J (2012) LittlEARS Early Speech Production Questionnaire – ein Elternfragebogen zur Erfassung der frühen Sprachproduktion. Innsbruck: Med-el

- Schramm B, Keilmann A, Brachmaier J (2009) Evaluation des LittlEARS Early Speech Production Questionnaire – ein Elternfragebogen zur Erfassung der frühen Sprachproduktion. Aktuelle phoniatriisch-pädaudiologische Aspekte 17:189
- von Suchodoletz W (2012) Früherkennung von Sprachentwicklungsstörungen. Der SBE-2-KT und SBE-3-KT für zwei- bis dreijährige Kinder. Stuttgart: Kohlhammer
- von Suchodoletz W, Kademann S, Tippelt S (2009) Sprachbeurteilung durch Eltern, Kurztest für die U7a (SBE-3-KT) <http://www.kjp.med.unimuenchen.de/download/SBE-3-KT.pdf>
- von Suchodoletz W, Sachse S (2009) Sprachbeurteilung durch Eltern, Kurztest für die U7 (SBE-2-KT) <http://www.kjp.med.uni-muenchen.de/download/SBE-2-KT.pdf>
- Szagan G, Stumper B, Schramm AS (2009) Fragebogen zur frühkindlichen Sprachentwicklung (FRAKIS) und FRAKIS-K(Kurzform). Frankfurt: Pearson Assessment
- Szagan G, Stumper B (2013) Der Einsatz des Elternfragebogens FRAKIS zur Erfassung des Sprachstandes bei Kindern mit Cochlea-Implantat. HNO 61 (5): 404–8
- Tellegen PJ, Laros JA, Petermann F (2007) Sijnders-Oomen non-verbaler Intelligenztest von 2,5 bis 7 Jahre (SON-R 2,5-7). Göttingen: Hogrefe Verlag
- Thornton A, Raffin M (1978) Speech-discrimination scores modeled as a binomial variable. Journal of Speech and Hearing Research, 21 (3), 507–518
- Völter C, Shehata-Dieler W, Baumann R, Helms J (2005) Entwicklung eines neuen Kindersprachtests und Erprobung an CI-Kindern. Laryngorhinootologie. 84 (10): 738–43
- Widen J (1993) Adding objectivity to infant behavioral audiometry. Ear and Hearing 14, 49–57
- Widen JE, Folsom RC, Cone-Wesson B, Carty L, Dunnell JJ, Koebse K, Levi A, Mancl L, Ohlrich B, Trouba S, Gorga MP, Sisinger YS, Vohr BR, Norton SJ (2000) Identification of neonatal hearing impairment: hearing status at 8 to 12 months corrected age using a visual reinforcement audiometry protocol. Ear Hear. 21 (5): 471–87
- Yoshinaga-Itano C, Sedey AL, Coulter DK, Mehl AL (1998) Language of Early- and Later-identified Children With Hearing Loss. Pediatrics. 102 (5): 1161–1171

VERZEICHNIS DER REFERENTINNE/REFERENTEN

Prof. Dr. Uwe Baumann
Johann Wolfgang Goethe-Universität
Theodor Stern Kai 7
60590 Frankfurt an Main
Uwe.Baumann@kgu.de

Barbara Bogner
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Keplerstraße 87
69120 Heidelberg
bogner@ph-heidelberg.de

Prof. Dr. Andreas Büchner
Medizinische Hochschule Hannover
Carl-Neuberg-Straße 1
30625 Hannover
Buechner.Andreas@mh-hannover.de

Prof. Dr. Stefan Debener
Universitätsklinik Oldenburg
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11
26111 Oldenburg
stefan.debener@uni-oldenburg.de

Professor Dr. Gottfried Diller
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Keplerstraße 87
69120 Heidelberg
gdiller@ph-heidelberg.de

Prof. Dr. Norbert Dillier
Universitätsspital
Frauenklinikstraße 24
CH-8091 Zürich

Manfred Drach
Johannes-Vatter-Schule
Homburger Straße 20
61169 Friedberg
manfred.drach@vatterschule.de

Assistant
Prof. PhD Karen Gordon
University of Toronto
555 University Avenue
Toronto, Canada
karen.gordon@utoronto.ca

Prof. Dr. med. Manfred Gross
Campus Charité Mitte
Luisenstraße 13
10117 Berlin
Manfred.Gross@charite.de

Dr. Rainer Huber
HoerTech GmbH
Marie-Curie-Straße 2
26129 Oldenburg
Rainer.Huber@HoerTech.de

Prof. Dr. Jürgen Kießling
Universität Gießen
Klinikstraße 29
35392 Gießen
Juergen.Kiessling@hno.med.uni-giessen.de

Professor Dr. Andrej Kral
Medizinische Hochschule Hannover
Feodor-Lynen-Straße 35
30175 Hannover
kral.andrej@mh-hannover.de

Prof. Dr. Anke Lesinski-Schiedat
Medizinische Hochschule Hannover
Carl-Neuberg-Straße 1
30625 Hannover
Les@hoerzentrum-hannover.de

Hubert H. Lim Ph.D.
University of Minnesota
312 Church Street S.E.7-105 Nils Hasselmo Hall
MN 55455 Minneapolis, USA
hlim@umn.edu

Professor Dr. Annette Limberger
Hochschule Aalen
Gartenstraße 135
73430 Aalen
annette-limberger@htw-aalen.de

Dr. Hubert Löwenheim
Universitäts-HNO-Klinik
Elfriede-Aulhorn-Straße 5
72076 Tübingen
hubert.loewenheim@uni-tuebingen.de

Prof. Dr. Hannes Maier
HNO-Klinik der Medizinischen Hochschule Hannover
Carl-Neuberg-Straße 1
30625 Hannover
Maier.Hannes@mh-hannover.de

Dr. Markus Meis
Hörzentrum Oldenburg GmbH
Marie-Curie-Straße 2
26129 Oldenburg
m.meis@hoerzentrum-oldenburg.de

Prof. Dr. med. Hartmut Meister
Universität zu Köln
Geibelstraße 29
50931 Köln
hartmut.meister@uni-koeln.de

Prof. Dr. Tobias Moser
Georg-August-Universität Göttingen
Robert-Koch-Straße 40
37075 Göttingen
tmoser@gwdg.de

Prof. Dr. med. Katrin Neumann
St. Elisabeth Hospital GmbH
Bleichsstraße 16
44787 Bochum
Katrin.Neumann@ruhr-uni-bochum.de

Prof. Dr. Pascale Sandmann
Medizinische Hochschule Hannover
Feodor-Lynen-Straße 27
30625 Hannover
Sandmann.Pascale@mh-hannover.de

Dimensionen der Hörqualität

Materialsammlung vom 17. Multidisziplinären Kolloquium der GEERS-STIFTUNG

am 10. und 11. Februar 2014 in der Konrad-Adenauer-Stiftung
Tiergartenstraße 35, 10785 Berlin

Leitung: Gottfried Diller, Heidelberg

Schriftenreihe GEERS-STIFTUNG, Band 20

GEERS-STIFTUNG

zur Förderung wissenschaftlicher Vorhaben
zum Wohle der Hörbehinderten
im Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e. V.
Barkhovenallee 1 · 45239 Essen (Heidhausen)
Postfach 16 44 60 · 45224 Essen
Telefon (02 01) 84 01-161 · Telefax (02 01) 84 01-301

Vorstand:

Professor Dr. phil. Gottfried Diller, Heidelberg (Vorsitzender)
Professor Dr. rer. nat. Sebastian Hoth, Heidelberg
Professorin Dr. med. Annerose Keilmann, Mainz
Professor Dr. med. Andrej Kral, Hannover
Professor Dr. med. Thomas Lenarz, Hannover
Ehrenvorsitzender: Professor Dr. med. Peter Plath, Haltern-Flaesheim
Ehrenmitglied: Professor Dr. rer. nat. Hellmut von Specht, Magdeburg

Anschrift des Herausgebers:

GEERS-STIFTUNG
Otto-Hahn-Straße 35 · 44227 Dortmund
Telefon +49 231 9760 628 · Telefax: +49 231 9760 77628
E-Mail: info@geers-stiftung.de

Die Abbildungen in den Beiträgen wurden von den Autoren als Dateien zur Verfügung gestellt.

Verlag und Redaktion:

Median-Verlag von Killisch-Horn GmbH
Im Breitspiel 11 A · 69126 Heidelberg
Postfach 10 39 64 · 69029 Heidelberg
Telefon (0 62 21) 90 509-0 · Telefax (0 62 21) 90 509-20
E-Mail: info@median-verlag.de

Redaktionskoordinatorin: Anna Walter
Layout: Günter Lochmeyer
Titelbild: psi-motion
Druck: Gruber Offset-Druck, Walldorf

Mit der Annahme zur Alleinveröffentlichung erwirbt der Verlag alle Rechte, einschließlich der Befugnis zur Einspeisung in eine Datenbank.

© Median-Verlag 2014

