



CrossMark

T. Steffens · S. C. Marcrum

Audiologie, Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde, Universitätsklinikum Regensburg, Regensburg, Deutschland

Fachärztliches Basiswissen zur Wirksamkeit von Hörgeräten in Abhängigkeit der Art und Pathophysiologie einer Hörstörung

Seit der Einführung der digitalen Signalverarbeitung in Hörgeräten vor etwa 20 Jahren erweitert sich deren Funktionalität kontinuierlich. Im Vordergrund stehen dabei die Verfahren zur Kompensation der pathophysiologischen und psychoakustischen Defizite der unterschiedlichen Arten von Hörstörung.

Hintergrund

Mit der Hörgeräteverstärkung werden (mit aufsteigender Priorität) 3 Ziele verfolgt:

- Verbesserung der Hörbarkeit durch Hörverlustkompensation,
- Normalisierung der Lautheitsempfindung im gesamten Dynamikbereich,
- Verbesserung der Sprachverständlichkeit in Ruhe und v. a. im Störgeräusch.

Die fachärztliche Kompetenz stützt sich bei der Hörgeräteversorgung in erster Linie auf das Verständnis der hörstörungsspezifischen physiologischen und psychoakustischen Defizite und der sich daraus ergebenden notwendigen Wirkungen der Hörgeräte (HG). Nicht in erster Linie eine spezifische Technik, sondern eine spezifische Wirkung zur Erlangung des bestmöglichen unmittelbaren Behinderungsausgleichs unter akustischen Alltagsbedingungen ist dem Patienten sozialrechtlich zugesichert und wird bei ent-

sprechendem Hörverlust mit der Verordnung von HG in die Praxis umgesetzt.

Der Facharzt sollte hier die wirkungsorientierte Aufklärungs-, Indikations- und Kontrollinstanz im Rahmen der HG-Versorgung ausüben. Mit diesem Wissen kann eine unabhängige medizinische Beratungs- und Kontrollfunktion bis hin zu gutachterlichen Prüfungen der Effektivität einer HG-Versorgung ausgeübt werden, die den Patienten ansonsten in keinem anderen Bereich des Gesundheitswesens zur Verfügung stehen. Dem handwerklich ausgebildeten Hörgeräteakustiker obliegt die richtige Auswahl der technischen Details und Eigenschaften sowie die korrekte Einstellung der HG, die zur Realisierung der notwendigen Wirkungen erforderlich ist.

Sozialrechtliche Grundlage

Da die HG-Versorgung sozialrechtlich einen unmittelbaren Behinderungsausgleich darstellt, ist die Zielgröße nach der Vorgabe durch das Bundessozialgericht (Urteil vom 17.12.2009 – B 3 KR 20/08 R) das Gleichziehen mit der Hörfähigkeit des Normalhörenden unter Alltagsbedingungen. Die dafür notwendigen Wirkungen der HG sind unmittelbar von der Art und dem Umfang der Hörstörung abhängig. Sowohl für die Wirkungsweise von HG als auch für den zu erwartenden Therapieeffekt muss grundsätzlich zwischen Schalleitungs-

störungen im Mittelohr, sensorischen Innenohrhörstörungen sowie retrocochleären (neuralen und zentralen) Schwerhörigkeiten unterschieden werden. Näheres zur Indikation der HG-Versorgung ist für gesetzlich versicherte Patienten in der jeweils aktuellen Fassung der Hilfsmittelrichtlinie geregelt (www.g-ba.de/informationen/richtlinien/13/).

Bei der HG-Versorgung muss man von dem Grundzusammenhang ausgehen, dass den Hörgeschädigten die größten Probleme nicht die Verschlechterung der Hörschwelle bereiten, die bis hin zu hochgradigen Hörverlusten schon mit der einfachsten Grundfunktion von HG, der Schallpegelverstärkung, bis kurz vor die Wahrnehmung des Eigenrauschens der HG kompensiert werden kann. Im Vordergrund der Probleme steht vielmehr die verschlechterte Sprachverständlichkeit trotz verbesserter Hörbarkeit, insbesondere in alltagsrelevanten Störgeräuschen [1].

» Primäre Problematik ist die verminderte Sprachverständlichkeit

Damit einher geht die Einschränkung der audioverbalen Kommunikationsfähigkeit, die am Ende zu sozialer Isolation führt und im Kindesalter die soziale, psychische, emotionale und intellektuelle Entwicklung gefährdet. Die wichtigste Zielsetzung der HG-Versorgung

ist deshalb die weitest gehende Verbesserung des Sprachverstehens unter Alltagsbedingungen, also insbesondere in alltagsrelevanten Störgeräuschen und bei einer großen Variabilität von Sprachpegeln, v. a. auch bei leiser Sprache (Pegel zwischen 45–55 dB SPL), wie sie im Alltag häufig anzutreffen ist [2].

Schalleitungsstörungen

Reine Schalleitungsstörungen im Mittelohr führen im betroffenen Frequenzbereich in erster Linie zu einer konstanten Pegelabschwächung von etwa 50–60 dB für alle Schallpegel im betroffenen Frequenzbereich. Da in diesem Fall die Innenohrfunktion und die neurale Erregungsverarbeitung normal sind, kann ein Schallsignal ähnlich exakt wie bei Normalhörenden wahrgenommen werden, allerdings mit entsprechend niedrigerer Lautstärke. Schon geringe, audiometrisch schwer nachweisbare Schalleitungsstörungen mit einer Pegeldämpfung von nur 10 dB führen zu einer Halbierung der empfundenen Lautstärke, weshalb auch kleinere Schalleitungsstörungen subjektiv als erhebliche Einschränkung der Hörfähigkeit wahrgenommen werden.

» Schalleitungsstörungen bewirken nur eine schallpegel-unabhängige Lautstärkeverminderung

Der Hörverlust kann unmittelbar durch eine entsprechende konstante, d. h. pegelunabhängige (lineare) HG-Verstärkung kompensiert werden. Theoretisch könnte eine Verstärkung in Höhe der Schalleitungsstörung zur Rekonstruktion einer normalen Hörschwelle und normalen Lautheitsempfindung führen. In der Praxis würde man dann aber auch das Mikrophon- und Verstärkerrauschen der HG permanent wahrnehmen, sodass die praktisch angewendete Verstärkung immer etwas geringer als der Schalleitungshörverlust ist. Da hier der Hörverlust zumeist breitbandig ohne starke Schwankungen verläuft, reichen 4–7 Frequenzkanäle zur frequenzspezi-

fischen Verstärkung aus [3]. Die Sprachverständlichkeit im Störgeräusch ist bei ausreichender Verstärkung nicht eingeschränkt, sodass technische Maßnahmen zur Störgeräuschverminderung (Filterung oder Richtmikrofon) nicht notwendig sind. Für die typischen alltäglichen Kommunikationssituationen ist funktionell ein vollständiger Behinderungsausgleich möglich.

Innenohrschwerhörigkeit

Wesentlich komplexer ist die Situation bei sensorischer Schwerhörigkeit. Störungen der Innenohrfunktion lassen sich meistens auf einen Funktionsausfall der äußeren (ÄHZ) und inneren Haarzellen (IHZ) zurückführen, eine Fehlfunktion der Stria vascularis kann ebenfalls die Funktion beider Arten von Haarzellen beeinträchtigen. Die ÄHZ besitzen Mikromotoreigenschaften [4, 5] und bewirken eine pegelabhängige Verstärkung von Schallschwingungen im Innenohr bei Eingangspegeln <60 dB HL. Bei deren Schädigung und der damit verbundenen Verringerung oder dem Ausfall der Schwingungsverstärkung erhöht sich die Hörschwelle maximal um 40–60 dB [6]. Eine pegelabhängige (nichtlineare) HG-Verstärkung dient hier unmittelbar zur Kompensation der verlorengegangenen pegelabhängigen Innenohrverstärkung und des damit zusammenhängenden Lautheitsausgleichs (Recruitment).

» Innenohrschwerhörigkeit führt zu Hörbarkeitsverlust und Deutlichkeitsverlust

Doch mit der Verstärkung allein sind noch nicht alle Funktionsdefizite behoben. Die aktive Schwingung der ÄHZ trägt auch zum guten Zeit- und Frequenzauflösungsvermögen bei, 2 wesentliche Faktoren der hohen Deutlichkeit (Hör Genauigkeit, Differenzierfähigkeit) des normalen Gehörs. Eine Schädigung der ÄHZ führt deshalb sowohl zu einem Hörbarkeitsverlust als auch zusätzlich zu einer Verminderung der Deutlichkeit und der darauf aufbauenden Sprachverständlichkeit [7].

Mehrere Faktoren sind dafür verantwortlich. Eine große Rolle spielt die resultierende Verbreiterung der Wanderwellen [8] und das dadurch verminderte Frequenzauflösungsvermögen [9, 10], das zur stärkeren gegenseitigen Maskierung gleichzeitig vorhandener Schallsignale führt. Zusätzlich üben die ÄHZ durch deren efferente Innervation auch eine Schwingungsdämpfungsfunktion aus, die eine laterale mechanische Dämpfung zwischen den Frequenzkomponenten eines Multitonsignals (z. B. Grund- und Obertöne eines Vokals) und dadurch z. B. eine bessere Vokalerkennung und Unterscheidung bewirkt [11–13]. Insbesondere durch das verminderte Frequenzauflösungsvermögen und den Dämpfungsverlust wird die Selektion von Nutzsignalen (zumeist Sprache) aus einem Störgeräuschhintergrund erheblich erschwert [13–15]. Zusätzlich führt der Ausfall von ÄHZ auch noch zu einem verminderten Zeitauflösungsvermögen [9] und damit zu Defiziten bei der Umwandlung des Zeitmusters der Schallschwingungen in ein zeitabhängiges neuronales Erregungsmuster, ein weiterer Faktor zur Verminderung der Deutlichkeit. Bei schnell fluktuierenden Störgeräuschen wird dadurch auch die Möglichkeit zur Nutzung des besseren Signal-Rausch-Verhältnisses in kurzen Zeitabschnitten mit geringerem Störgeräuschpegel vermindert, wodurch sich im Vergleich zum guten Zeitauflösungsvermögen von Normalhörenden ein schlechteres Sprachverstehen im fluktuierenden Störgeräusch ergibt [15]. Gleichzeitig wird auch der auf präziser Zeitverlaufsanalyse zwischen den Erregungsmustern beider Hörbahnen basierende Beitrag zum Richtungshören beeinträchtigt.

Durch die Verbreiterung der Wanderwellen werden mit steigender Verstärkung bei gleich großer Schwingungsamplitude der Basilarmembran im Vergleich zum normalen Innenohr deutlich mehr IHZ stimuliert und damit gleichzeitig mehr Nervenfasern rekrutiert. Dies ist ein wesentlicher Beitrag dazu, dass es mit zunehmendem Schallpegel oberhalb der Hörschwelle zu einer größeren Steigerung der Lautheitsempfindung als bei Normalhörenden kommt (Re-

cruitment). Deshalb erreicht auch ein Innenohrschwerhörender trotz Hörverlust bei sehr großen Schallpegeln die gleiche Stärke der Lautheitsempfindung wie ein Normalhörender (Lautheitsausgleich). Die HG-Verstärkung muss aus diesem Grund bei Innenohrschwerhörigkeiten mit zunehmendem Schallpegel kontinuierlich reduziert werden (nicht-lineare Verstärkung, Kompression), um eine gleichgroße Lautheitsempfindung wie bei Normalhörenden zu erreichen (Lautheitsnormalisierung).

» Durch Ausfall der inneren Haarzellen kommt es zum Informationsverlust

Kann bei Ausfall der ÄHZ die verringerte Innenohrverstärkung unmittelbar durch die HG-Verstärkung kompensiert werden (unmittelbarer Behinderungsausgleich), gelingt dies bei der reduzierten Deutlichkeit nicht mehr. Im Gegenteil, je höher der im Innenohr wirksame Schallpegel ist, desto breiter werden die Wanderwellen und umso schlechter wird das Frequenzauflösungsvermögen [8, 16]. Dieser Effekt ist auch im normalen Innenohr vorhanden, tritt aber bei einem Ausfall der ÄHZ in erhöhtem Maße auf und wird durch die notwendige Schallverstärkung zur Verbesserung der Hörbarkeit noch zusätzlich vergrößert.

Da ein vollständiger Ausfall der ÄHZ zu einem maximalen Hörverlust von 40–60 dB führt [6], muss spätestens bei Innenohrschwerhörigkeiten mit Hörschwellen über 60 dB HL von einem zusätzlichen Ausfall der IHZ, den eigentlichen Sinneszellen zur Umwandlung von Schallschwingung in Nervenerregung, ausgegangen werden. Bei geringeren Hörverlusten können aber durchaus auch beide Haarzelltypen ausgefallen sein. Sogar ohne eine Veränderung der Hörschwelle können nach Lärmbelastung afferente Nervenfasern des N. cochlearis den Kontakt zu den IHZ verlieren und degenerieren [17]. Der Verlust an IHZ und Nervenfasern kann durch die akustische HG-Verstärkung jedoch nicht mehr unmittelbar kompensiert werden. Mit zunehmendem Ausfall an IHZ kommt es insbesondere dazu,

HNO 2018 · 66:122–127 <https://doi.org/10.1007/s00106-017-0457-2>
© Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2017

T. Steffens · S. C. Marcrum

Fachärztliches Basiswissen zur Wirksamkeit von Hörgeräten in Abhängigkeit der Art und Pathophysiologie einer Hörstörung

Zusammenfassung

Zum fachärztlichen Basiswissen gehören die hörstörungsspezifischen pathophysiologischen und psychoakustischen Defizite. Im vorliegenden Beitrag werden die sich daraus ergebenden notwendigen Wirkungen der Hörgeräte zum bestmöglichen Behinderungsausgleich definiert und kritisch diskutiert. Die wesentlichen Einschränkungen bestehen bei der Schallleitungsstörung in der pegelunabhängigen Dämpfung und dem damit verbundenen Lautstärkeverlust, die nahezu vollständig durch eine vom Schallpegel unabhängige Verstärkung kompensierbar sind. Bei der Innenohr-Hörstörung verursacht der irreversible Verlust an äußeren und inneren Haarzellen und die damit verbundene Degeneration der Hörnervenverbindung zu den Haarzellen eine Undeutlichkeit, die sich besonders bei

der Sprachverständlichkeit im Störgeräusch bemerkbar macht und mit Hörgeräten nicht unmittelbar verbesserbar ist. Hier genügt nicht allein die jetzt vom Schallpegel abhängige Verstärkung, sondern es sind wirksame Maßnahmen zur Verminderung des Störgeräuschpegels wie Störgeräuschfilterung und v. a. Richtmikrofone notwendig. Die Reduzierung von Störgeräuschen ist vielfach auch bei retrocochleären Hörstörungen die einzig wirksame Methode zur Verbesserung der Sprachverständlichkeit.

Schlüsselwörter

Auditorische Wahrnehmung · Sprachverständlichkeit · Schallleitungshörverlust · Innenohrverlust · Retrocochleäre Erkrankungen

Basic knowledge on the efficacy of hearing aids depending on the type of hearing impairment for Ear, Nose & Throat specialists

Abstract

For Ear, Nose & Throat specialists, the physiological and psychoacoustical deficits related to hearing impairment and the compensatory capabilities of hearing aids are topics of prime importance. In conductive hearing loss, the foremost deficit is decreased audibility, for which hearing aids can compensate almost entirely through the use of level independent gain. In the instance of sensorineural hearing loss, however, the irreversible loss of outer and inner hair cells causes a distorted sound perception, which is particularly troublesome when trying to understand speech in noisy environments. Unfortunately, this distortion

cannot be compensated through the use of hearing aids. Nevertheless, in particular listening environments, its effects can be lessened by reducing background noise levels through the use of directional microphones and, to a lesser extent, digital noise reduction. Noise reduction is in many cases also the main effect to improve speech discrimination in retrocochlear hearing loss.

Keywords

Auditory perception · Speech perception · Conductive hearing loss · Sensorineural hearing loss · Retrocochlear diseases

dass dauerhaft nicht mehr die vollständige mit dem Schallsignal transportierte Informationsmenge im Innenohr in das auditorische System übertragen werden kann [18].

Fallen zu viele IHZ aus, sodass auch eine optimierte akustische Verstärkung keine ausreichende Verbesserung der Sprachverständlichkeit herbeiführen kann, sollte die Anwendung einer direkten elektrischen Stimulation des Hörnervs mithilfe eines Cochleaimplantats

(CI) erwogen werden. Gleichzeitig werden auch die mit jeder IHZ verbundenen afferenten Hörnervenfasern nicht mehr erregt, was auf Dauer zu einer Degeneration dieser Faseranteile führt und nach langjährigem Ausfall auch die zu erwartenden Rehabilitationsergebnisse mit CI stark vermindern kann. Zu der notwendigen differenzierten Aufklärung von Patienten im Hinblick auf eine CI-Versorgung gehört auch die Tatsache, dass mit keiner derzeit verfügbaren und

in absehbarer Zeit zu erwartenden CI-Technologie die Genauigkeit und Deutlichkeit eines Normalgehörs mit etwa 3500 IHz durch die elektrophysiologischen Wirkungsgrenzen von 12–22 CI-Elektroden erreicht werden kann.

Da ein Hörgerät ein geschädigtes Innenohr nicht heilen kann, bleibt folglich die durch den Haarzellverlust entstandene Verschlechterung der Deutlichkeit auch mit Hörgerät bestehen und wird sogar durch die zusätzliche Reduzierung des Frequenzauflösungsvermögens in Folge der verstärkten hohen Schallpegel noch weiter verschlechtert. Durch die hörverlustabhängige notwendige Verstärkung zur Verbesserung der Hörbarkeit ist ein Hörgeschädigter gezwungen, akustische Signale bei einem deutlich höheren Pegel und damit breiteren Wanderwellen im Innenohr zu verarbeiten als ein Normalhörender. Der doppelte Deutlichkeitsverlust (Haarzellausfall und verbreiterte Wanderwellen) vermindert die Sprachverständlichkeit im Störgeräusch bei gleichem Signal-Rausch-Verhältnis gegenüber dem deutlicheren und damit auch trennschärferen Gehör eines Normalhörenden ganz erheblich. Der Gewinn an Sprachverständlichkeit mit Hörgerät resultiert deshalb in erster Linie aus der Verbesserung der Hörbarkeit der akustischen Sprachinformationsanteile in Ruhe, auch wenn aufgrund der weiterhin reduzierten Deutlichkeit nicht alle Sprachsignale vollständig identifizierbar und diskriminierbar sind.

» Die verbesserte Sprachverständlichkeit in Ruhe ist die Hauptwirkung einer Hörgeräteversorgung

Da bei Innenohrschwerhörigkeiten der Verlauf der Hörschwelle häufig stark frequenzabhängig ist, ist zur Maximierung der Hörbarkeit eine möglichst frequenzspezifische Verstärkung unerlässlich. Dazu wird eine Unterteilung der Verstärkung in mehrere Frequenzbänder (Kanäle) vorgenommen. Für die damit erzielbare Optimierung der Hörbarkeit in Ruhe reichen für die typischen Tonaudiogrammverläufe 9 Kanäle aus [19].

Die Sprachverständlichkeit in Ruhe ist im Mittel mit 8 Kanälen nahezu maximal [20]. Bei der Vielkanalverstärkung ist zu beachten, dass die Zerlegung von Sprache in einzelne Frequenzbänder, die bandspezifische Verstärkung und das anschließende Rückumwandeln der kanalspezifischen Information zu einem vollständigen Sprachsignal immer nur mit Verarbeitungsfehlern realisierbar ist. Je mehr Frequenzbänder verwendet werden, umso stärker treten die Verarbeitungsfehler als weiterer Beitrag zur Undeutlichkeit in Erscheinung.

Da sich also durch die Deutlichkeitsverluste die Sprachverständlichkeit insbesondere im Störgeräusch gegenüber einem Normalgehör erheblich verschlechtert, ist hier eine Reduzierung des Störgeräuschpegels relativ zum Sprachpegel und damit eine Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses unerlässlich. Ist eine Verminderung des Störgeräuschpegels an der Schallquelle oder ein räumliches Entfernen (Abstandsvergrößerung) von der Störgeräuschquelle nicht möglich, muss dies im HG erfolgen. Dazu sind Verfahren zur Störgeräuschfilterung („digital noise reduction“) durch Absenkung der Verstärkung in den einzelnen Frequenzkanälen, in denen akut keine Sprachsignale festgestellt werden, möglich. Dabei darf aber in Frequenzkanälen, die Sprachsignale beinhalten, die Verstärkung nicht reduziert werden, es sei denn, in den betroffenen Kanälen ist das Signal-Rausch-Verhältnis besonders schlecht.

Deshalb kann mithilfe der Störgeräuschfilterung in der Praxis keine relevante Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses in den Sprachfrequenzbereichen erreicht werden und folglich auch keine Verbesserung der Verständlichkeit. Somit verbleiben auch die vorrangigen Probleme einer stark verminderten Verständlichkeit insbesondere in breitbandigen Störgeräuschen oder wenn sich das Störgeräusch selber aus Sprache von Störsprechern zusammensetzt bestehen. Dennoch kann eine mehrkanalige Störgeräuschfilterung für den HG-Träger eine Verminderung der Lästigkeit von Störgeräuschen bieten, die Konzentration auf die Nutzsignale erleichtern und die Höranstrengung vermindern

und damit auch zu einem intensiveren Trageverhalten führen.

In Bezug auf die notwendige Anzahl von Frequenzkanälen zur Störgeräuschfilterung kann keine pauschale Aussage gemacht werden. Im Störgeräusch können durchaus mehr Kanäle als in Ruhe erforderlich sein um die akustischen Eigenschaften der Schallsignale genauer analysieren und eine Filterung unerwünschter Schallanteile präziser durchführen zu können. Die Wirksamkeit der Frequenzfilterung hängt aber andererseits auch direkt von der Art der mathematischen Verfahren zur Erkennung und Differenzierung zwischen Nutz- und Störsignalen und der Stärke der Filterung in Relation zur hörbaren Sprachqualität ab. Die konkreten mathematischen Verfahren zur Frequenzfilterung werden aus Konkurrenzgründen nicht im Detail veröffentlicht, sodass deren Wirksamkeit allein aufgrund der Prospektangaben zur Kanalzahl nicht abgeschätzt und differenziert werden kann.

» Richtmikrofone sind die wirkungsvollste Maßnahme zur Störgeräuschreduktion

Erheblich wirksamer als die begrenzten Möglichkeiten zur effektiven Verbesserung der Sprachverständlichkeit durch Störgeräuschfilterung ist die Verwendung von Richtmikrofonen. Damit ist es möglich, jegliche Art von Schallsignalen außerhalb eines Vorzugsrichtungsbereichs deutlich zu vermindern. Mit Richtmikrofonen lassen sich unter Alltagsbedingungen Verbesserungen der Sprachverständlichkeitsschwelle fließender Sprache (Signal-Rausch-Verhältnis für 50 % Verständlichkeit) von 2–4 dB oder absolute Verbesserungen des Sprachverstehens in der Höhe von 20–30 Prozentpunkten erzielen [21].

Richtmikrofone mit fester Richtcharakteristik reduzieren die Schallpegel v. a. von hinten stark und von der Seite moderat gegenüber dem Winkelbereich der Vorzugsrichtung von vorn (etwa $\pm 40^\circ$). Der größte Gewinn an Sprachverständlichkeit wird deshalb erzielt, wenn Sprache von vorn und ein Störgeräusch von hinten kommt. Die Richtwirkung

kann sich auch adaptiv an die Richtung des größten Sprachpegels oder höchsten Störgeräuschpegels anpassen. Die akustische Analyse der Umgebung kann dabei auch kanalspezifisch erfolgen und eine frequenzspezifische Richtwirkung einstellen. Die neuesten Entwicklungen stellen Verfahren zur binauralen Störgeräuschunterdrückung dar, bei denen z. B. beide HG durch eine Funkverbindung miteinander in Verbindung stehen und durch eine Analyse der beidseitigen Mikrofonsignale eine Unterdrückung seitengleicher Störsignale durchgeführt wird [22].

In der Praxis werden die beiden Verfahren zur Störgeräuschreduktion, Filterung und Richtwirkung, kombiniert eingesetzt. Da ihre Wirkung aufgrund nur oberflächlicher, marketingorientierter technischer Prospektangaben individuell quantitativ nicht ausreichend vorhergesagt werden kann, ist eine individuelle audiometrische Testung unterschiedlicher Geräte und Verfahren zur Optimierung der Verständlichkeit im Störgeräusch, wenn möglich, in realistischen Schallfeldern unerlässlich. Dies gilt umso mehr in gutachterlichen Untersuchungen.

Die Störschallreduzierung kann, wenn sie nicht permanent aktiviert sein soll, in eigenen Hörprogrammen am Hörgerät per Tastendruck oder mit einer Fernbedienung nach eigener Einschätzung der Situation eingeschaltet werden. Wer zu einer selbständigen, sinnvollen und zielgerichteten Umschaltung zwischen festen Hörprogrammen nicht in der Lage ist, kann eine automatische Optimierung in Abhängigkeit von der akustischen Umgebungsbedingungen durch ein Klassifikationssystem verwenden, das permanent die Mikrofonsignale anhand der akustischen Parameter auswertet. Auf der Basis von empirischen Regelwerken können damit die Verstärkungsparameter der Vielkanalverstärkung dynamisch an die Höhe des Störsignalpegels und die Arbeitsweise der Störgeräuschunterdrückung in Abhängigkeit von der Art und akustischen Parameter des Störsignals angepasst werden. Eine solche Automatik kann individuell bei manuell eingeschränkten oder kognitiv nicht ausreichend

leistungsfähigen Patienten (Kinder, Senioren, bei pathologischer kognitiver Beeinträchtigung) die einzige Möglichkeit für den sozialrechtlich geschuldeten bestmöglichen Behinderungsausgleich unter Alltagsbedingungen darstellen, so dass die Automatikgeräte dann kostenlos zur Verfügung gestellt werden müssen.

» Bei der Innenohrschwerhörigkeit ist ein vollständiger Behinderungsausgleich nicht möglich

Bei der häufigsten Art von Schwerhörigkeiten, der Innenohrschwerhörigkeit, muss man sich abschließend jedoch mit der Tatsache auseinandersetzen, dass Funktionsdefizite durch erhebliche Haarzellverluste grundsätzlich nicht mehr im Sinne eines vollständigen Behinderungsausgleichs beherrschbar sind. Solange eine wirksame Haarzellregeneration und Neukontaktierung durch neuaussprossende Hörnervenfasern klinisch nicht möglich ist, kann die Wiedererlangung der Fähigkeiten eines Normalhörenden mit HG nicht mehr im vollen Umfang erreicht werden.

Retrocochleäre Schwerhörigkeit

Hinter retrocochleären (neuralen) Hörstörungen verbergen sich häufig ernste Krankheitsbilder, wie z. B. eine Neuropathie des Hörnervs, multiple Sklerose oder Nerven- bzw. Hirnstammtumoren. Die Behandlung dieser Erkrankung nimmt für die betroffenen Patienten im Vergleich zur Hörgeräteversorgung die höhere Priorität ein.

Erkrankungen oder Schädigungen des Hörnervs führen in erster Linie zu einer sehr starken Verzerrung bei häufig nur begrenztem Hörverlust. Schädigungen des Hörkortex, z. B. nach Schlaganfall oder Unfall, bewirken v. a. Schwierigkeiten bei der Erkennung von Schallsignalen, die bis zu einer funktionellen Taubheit führen können. In beiden Fällen sind HG oder auch ein CI nur sehr begrenzt hilfreich, da deren wesentliche Wirkung die Verbesserung der Hörbarkeit durch die Kompensation des Hörverlusts ist.

Individuell kann aber mit einer wirksamen Störgeräuschreduktion eine spürbare Verbesserung der Sprachverständlichkeit im Alltag erreicht werden.

Fazit für die Praxis

- Die Schallpegelverstärkung als zentrale Wirkung von Hörgeräten (HG) führt lediglich bei Schallleitungsstörungen zu einem weitgehenden Ausgleich der Folgen der Schwerhörigkeit.
- Bei Innenohrschwerhörigkeiten bestehen zusätzlich zum Empfindlichkeitsverlust mit erhöhten Hörschwellen eine relevante Undeutlichkeit durch den Ausfall von äußeren und inneren Haarzellen, die durch HG nicht unmittelbar verbessert werden kann.
- Die dadurch wesentlich beeinflusste Verminderung der Sprachverständlichkeit führt insbesondere im Störgeräusch zu erheblichen Problemen trotz Verbesserung der Hörschwellen.
- Deshalb sind hier unbedingt Maßnahmen zur Verminderung der Störgeräuschpegel wie Störgeräuschfilterung und Richtmikrofone notwendig, um die bestmögliche Verständlichkeit unter Alltagsbedingungen zu erzielen.
- Letzteres gilt insbesondere auch für retrocochleäre Hörstörungen, deren wesentliche perzeptive Komponente eine erhebliche Undeutlichkeit des Hörens darstellt.

Korrespondenzadresse

Dr. biol. hom. Dipl. Ing. T. Steffens
Audiologie, Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde, Universitätsklinikum Regensburg
Franz-Josef-Strauß-Allee 11, 93053 Regensburg, Deutschland
thomas.steffens@ukr.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. T. Steffens und S.C. Marcrum geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine von den Autoren durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

Literatur

1. Kochkin S (2002) Consumers rate improvements sought in hearing instruments. *Hear Rev* 9:18–22
2. Pearsons KS, Bennett RL, Fidell S (1977) Speech levels in various noise environments. *Environmental health effects research series*. Washington DC, Office of Health and Ecological Effects
3. Aazh H, Moore BC (2007) The value of routine real ear measurement of the gain of digital hearing aids. *J Am Acad Audiol* 18(8):653–664
4. Ashmore JF (1987) A fast motile response in guinea-pig outer hair cells: the cellular basis of the cochlear amplifier. *J Physiol* 388:323–347
5. Ashmore JF, Geleoc GS, Harbott L (2000) Molecular mechanisms of sound amplification in the mammalian cochlea. *Proc Natl Acad Sci USA* 97(22):11759–11764
6. Ryan A, Dallos P (1975) Effect of absence of cochlear outer hair cells on behavioural auditory threshold. *Nature* 253(5486):44–46
7. Plomp R (1978) Auditory handicap of hearing impairment and the limited benefit of hearing aids. *J Acoust Soc Am* 63(2):533–549
8. Johnstone BM, Patuzzi R, Yates GK (1986) Basilar membrane measurements and the travelling wave. *Hear Res* 22:147–153
9. Moore BC (2008) Basic auditory processes involved in the analysis of speech sounds. *Philos Trans R Soc Lond, B, Biol Sci* 363(1493):947–963
10. Festen JM, Plomp R (1983) Relations between auditory functions in impaired hearing. *J Acoust Soc Am* 73(2):652–662
11. Deng L, Geisler CD, Greenberg S (1987) Responses of auditory-nerve fibers to multiple-tone complexes. *J Acoust Soc Am* 82(6):1989–2000
12. Deng L, Geisler CD (1987) A composite auditory model for processing speech sounds. *J Acoust Soc Am* 82(6):2001–2012
13. Miller RL et al (1997) Effects of acoustic trauma on the representation of the vowel "eh" in cat auditory nerve fibers. *J Acoust Soc Am* 101(6):3602–3616
14. Young ED (2008) Neural representation of spectral and temporal information in speech. *Philos Trans R Soc Lond, B, Biol Sci* 363(1493):923–945
15. Peters RW, Moore BC, Baer T (1998) Speech reception thresholds in noise with and without spectral and temporal dips for hearing-impaired and normally hearing people. *J Acoust Soc Am* 103(1):577–587
16. Robles L, Ruggero MA (2001) Mechanics of the mammalian cochlea. *Physiol Rev* 81(3):1305–1352
17. Kujawa SG, Liberman MC (2009) Adding insult to injury: cochlear nerve degeneration after "temporary" noise-induced hearing loss. *J Neurosci* 29(45):14077–14085
18. Lopez-Poveda EA (2014) Why do I hear but not understand? Stochastic undersampling as a model of degraded neural encoding of speech. *Front Neurosci* 8:348
19. Woods WS et al (2006) SII and fit-to-target analysis of compression system performance as a function of number of compression channels. *Int J Audiol* 45(11):630–644
20. Yund EW, Buckles KM (1995) Multichannel compression hearing aids: effect of number of channels on speech discrimination in noise. *J Acoust Soc Am* 97(2):1206–1223
21. Gnewikow D et al (2009) Real-world benefit from directional microphone hearing aids. *J Rehabil Res Dev* 46(5):603–618
22. Kollmeier B, Kiessling J (2016) Functionality of hearing aids: state-of-the-art and future model-based solutions. *Int J Audiol* p:1–26

HNO 2018 · 66:127

<https://doi.org/10.1007/s00106-017-0469-y>

Online publiziert: 9. Januar 2018

© Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018



CrossMark

S. Cantemir

Hals-Nasen-Ohrenklinik, Kath. Krankenhaus Hagen gGmbH, Universität Witten/Herdecke, Hagen, Deutschland

Correction: Der physiologische und der pathologische Schluckvorgang

Correction:

HNO 2017 65:261–270

<https://doi.org/10.1007/s00106-017-0333-0>

Im o. g. CME-Beitrag wurden leider zwei Literaturangaben falsch zitiert, die Artikel sind hier mit der korrekten Autorenschaft nochmals abgedruckt.

Korrespondenzadresse

Dr. med. S. Cantemir

Hals-Nasen-Ohrenklinik, Kath. Krankenhaus Hagen gGmbH, Universität Witten/Herdecke Dreieckstr. 15, 58097 Hagen, Deutschland
s.cantemir@kkh-hagen.de

Literatur

12. Kühn D, Miller S, Schwemmler C, Jungheim M, Ptok M (2014) Frühkindliches Schlucken. *Laryngorhinootologie* 93:231–236
18. Schwemmler C, Jungheim M, Miller S, Kühn D, Ptok M (2015) Medikamenteninduzierte Dysphagien. *HNO* 63:504–510

Die Online-Version des Originalartikels ist unter <https://doi.org/10.1007/s00106-017-0333-0> zu finden.