

Multiflex Tinnitus Pro - flexible Anpasslösungen zur Linderung von Tinnitus



**Paul Reinhart, PhD | Christophe Micheyl, PhD |
Rainer Schäfer, me. (deutsche Übersetzung)**

Tinnitus: Ein häufiges, aber nicht vollständig verstandenes Problem

Tinnitus bezeichnet die Wahrnehmung von Geräuschen, für die es keine entsprechende Schallquelle in der Umgebung gibt. Diese Geräusche werden von den Betroffenen in der Regel als Piepen, Pfeifen, Summen oder Rauschen in einem oder beiden Ohren oder im Kopf beschrieben. Je nach Definition des Tinnitus reichen die Schätzungen zu seiner Verbreitung von 5 % bis 43 % (McCormack et al. 2016). Zu beachten ist, dass die Verbreitung mit dem Alter zunimmt und unter Menschen mit Hörminderung höher als unter Menschen derselben Altersgruppe ohne Hörminderung ist (Lewis et al., 2020; Nondahl et al., 2011). Weitere Risikofaktoren oder Begleiterkrankungen von Tinnitus können u.a. Otosklerose, Operationen am Ohr, Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Lärmbelastung sein (Nondahl et al., 2011). Tinnitus ist eine der häufigsten Beeinträchtigungen unter ehemaligen Soldaten in den USA (Maynard et al., 2018). Chronischer Tinnitus kann zu Schlaf- und Konzentrationsstörungen führen, kann Stress, Angst und Depressionen fördern und somit das Leiden verstärken und die Lebensqualität mindern (Weidt et al., 2016).

Während die biologischen Mechanismen des Tinnitus noch nicht vollständig erforscht und verstanden sind, gehen verschiedene moderne neurowissenschaftliche Modelle von einer ursprünglichen Fehlanpassung zwischen sensorischen Wahrnehmungen und zentraler Verarbeitung aus (Roberts & Salvi, 2019). In einigen dieser Modelle wird Tinnitus als Resultat von Kaskadeneffekten erklärt, bei denen aufgrund

von Schädigungen der Hörschnecke die Signale an das periphere Nervensystem in bestimmten Frequenzen abgeschwächt werden, was dann zu einer erhöhten neuronalen „Verstärkung“ in den entsprechenden tonotopen Regionen des zentralen auditorischen Systems führt – eine Form von kompensatorischer Plastizität. Beim Ausbleiben typischer Schallsignale führt die erhöhte Verstärkung zur einer Überverstärkung spontaner neuronaler Aktivität und somit zur Nachahmung akustischer Signale und der Illusion einer Klangwahrnehmung (Noreña, 2011; Roberts & Salvi, 2019). Diese Modelle können vielleicht erklären, warum Tinnitus häufig mit einer Hörminderung einhergeht und warum, wenn Tinnitus mit einem externen Geräusch verglichen wird, die Frequenz dieses Geräusches häufig in den Frequenzbereich mit erhöhter Hörschwelle fällt (Noreña et al., 2002).

Trotz dieser Fortschritte bleiben im Hinblick auf die neurophysiologischen Hintergründe von Tinnitus noch viele Fragen offen und ein einzelnes Modell kann wahrscheinlich nicht alle Tinnitusfälle erklären. Bei manchen Betroffenen ist Tinnitus möglicherweise nicht mit einer Schädigung der Cochlea verbunden und geht vom Mittelohr aus (z. B. Job et al., 2016) oder sein Ursprung liegt nicht im auditorischen System (Langguth et al., 2013).

Aktuelle Ansätze für die Tinnitusbehandlung

Einer der ersten umfassenden Ansätze für die Tinnitusbehandlung ist die Tinnitus-Retraining-Therapie (TRT) (Jastreboff, 1990). Die TRT verfolgt einen

zweigleisigen Ansatz und verbindet eine akustische Therapie mit einer therapeutischen Beratung. Die akustische Therapie bezeichnet im weitesten Sinne den Einsatz einer akustischen Stimulation, die durch die Verstärkung von Umgebungsgeräuschen und/oder die Verwendung eines speziellen Tinnitus-„Maskers“ mit einem Hörsystem erreicht werden kann. Ein Tinnitus-Masker ist ein vom Hörsystem erzeugter akustischer Stimulus, der den Tinnitus teilweise oder vollständig maskiert. In einer typischen TRT wird ein Tinnitus-Masker in Verbindung mit einer therapeutischen Beratung eingesetzt, um im Laufe der Behandlung die „Habituation“ an den Tinnitus oder eine Abnahme der Schwere und Aufdringlichkeit des Tinnitus zu erreichen. Eine Grundlage der TRT ist, dass für eine „Habituation“ der Pegel des akustischen Reizes unter dem Pegel bleiben sollte, bei dem er den Tinnitus vollständig maskiert (Jastreboff, 2000), auch bekannt als der minimale Maskierungspegel (Minimum Masking Level, MML). Einige Studien haben jedoch signifikante Vorteile berichtet, wenn der Tinnitus-Stimulus auf oder leicht über dem MML lag (Henry et al., 2016; Tyler et al., 2012).

Ein neuerer Ansatz in der Tinnitus-Behandlung, der in den letzten 15 Jahren zunehmend durch klinische Studien unterstützt wurde, ist das Progressive Tinnitus Management (PTM) (Henry et al., 2005). PTM berücksichtigt, dass nicht alle Tinnitus-Patienten dasselbe Maß an Behandlung benötigen und ist in aufeinanderfolgende Behandlungsstufen unterteilt. PTM Stufe 1 ist ein Einstufungsprozess, bei dem Personen mit Tinnitus von Gesundheitsdienstleistern in die audiologische Behandlung überwiesen werden. Stufe 2 ist eine umfassende Untersuchung, bei der die Merkmale des Tinnitus wie sein Schweregrad und Auswirkung genauer untersucht werden. Zusätzlich kann auf Fragebögen wie den Tinnitus Handicap Inventory (THI) oder den Tinnitus Handicap Survey (THS) zurückgegriffen werden, die speziell für die Beurteilung von Tinnitus entwickelt wurden. Basierend auf der Beurteilung der Hörminderung und dem Schweregrad des

Tinnitus stellt der Audiologe dem Patienten gegebenenfalls Informationen über Hörverlust und/oder Tinnitus bereit und legt entsprechende Behandlungsstrategien fest. Die Versorgung mit Hörsystemen erfolgt in der Regel in dieser Phase. Dabei werden häufig Tinnitus-Masker für eine zusätzliche Hörtherapie eingesetzt. Die nachfolgenden PTM-Stufen beinhalten Gruppenberatung (Stufe 3), interdisziplinäre Beurteilung (Stufe 4) und schließlich individuelle Unterstützung (Stufe 5). Da die letzten beiden Stufen zeitaufwendiger sind und zusätzliche Ressourcen erfordern, sind sie in der Regel Personen mit besonders ausgeprägtem Tinnitus oder Folgebeschwerden (z. B. psychischen) vorbehalten.

Es gibt weitere Behandlungsansätze für Tinnitus, aber TRT und PTM sind heute die am häufigsten angewendeten Ansätze. Da es unter Fachleuten keinen allgemeinen Konsens hinsichtlich der Mechanismen des Tinnitus gibt und diese Mechanismen zudem von Person zu Person abweichen können, sind Tinnitus-Behandlungen, deren Wirksamkeit mit einer einzelnen Theorie begründet werden, mit Vorsicht zu genießen. Zudem können die Ergebnisse von Tinnitus-Interventionen von Person zu Person sehr unterschiedlich ausfallen (Frederick, 2014). Dementsprechend scheint ein auf empirischen Daten basierender Behandlungsansatz zur Linderung des Tinnitus am vernünftigsten zu sein.

Multiflex Tinnitus

2012 hat Starkey Multiflex Tinnitus vorgestellt - eine Technologie mit der Hörakustiker Tinnitus effizient und wirksam lindern können, indem Hörsysteme eingesetzt werden, die ein höchst individualisierbaren Stimuli erzeugen können. (Galster, 2012, 2013). Bei der Anpassung kann der Hörakustiker ein breitbandiges Rauschen mit einem nominellen kontinuierlichen Spektrum erzeugen, das dem „weißen Rauschen“ ähnelt, das üblicherweise in der TRT verwendet wird. Der Gesamtpegel (Lautstärke) wird automatisch anhand des Durchschnitts der Hörschwelle

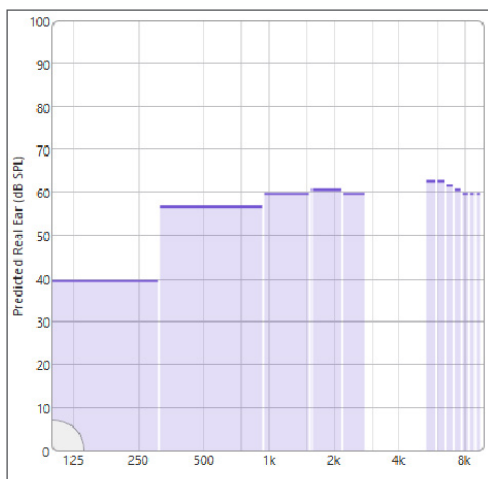
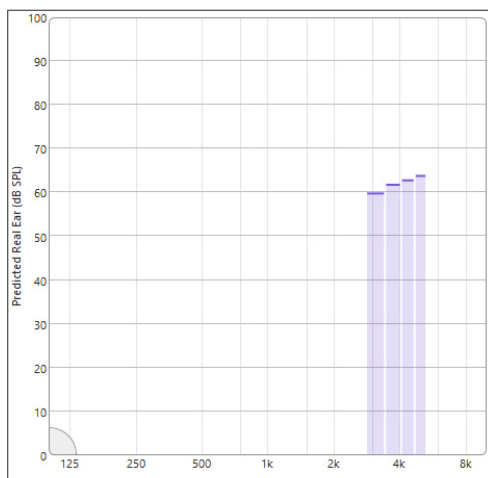
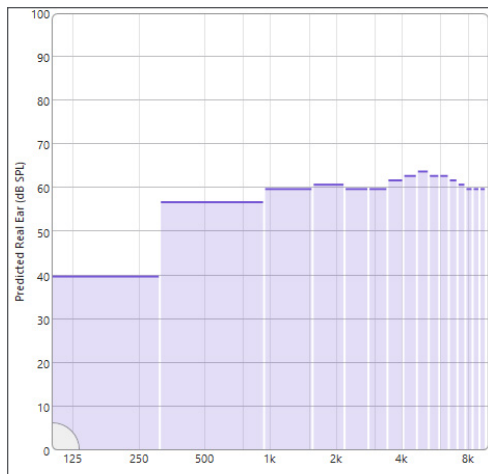


Abbildung 1. Darstellungen von Masker-Spektren, die mit Starkeys Multiflex-Tinnitus Technologie erzeugt wurden, einer flexiblen Funktion, mit der Hörakustiker einen Tinnitus-Stimulus mit kontinuierlichem Spektrum („weißes Rauschen“) (oben) oder fast jeder anderen gewünschten spektralen Form wie schmalbandigem Rauschen (Mitte) und Rauschen mit einer Frequenzlücke („Notched Noise“) erzeugen können.

(Frequenzen 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz) angepasst. Ausgehend dieser ersten Vorberechnung können Lautstärke und Frequenzspektrum des Maskers bei Bedarf angepasst werden, um unterschiedliche Stimuli zu erzeugen. Wenn Hörakustiker zum Beispiel ein schmalbandiges Rauschen oder ein Rauschen mit einer "Frequenzlücke" (Notched Noise) anstelle eines breitbandigen Rauschens verwenden möchten, können sie das tun, indem sie einfach selektiv einige Frequenzbänder abschalten (Abbildung 1).

Ergebnisse zu den Vorteilen der Tinnitus-Multiflex-Technologie in Verbindung mit Hörsystemen finden sich in früheren Publikationen (Henry, 2016; Henry et al., 2015).

Multiflex Tinnitus Pro

Mit Multiflex Tinnitus Pro erweitert Starkey sein Angebot flexibler Anpassmethoden zur Linderung von Tinnitus um zwei neue Funktionen: Audiogrammbasiertes Rauschen und der personalisierte Tinnitus-Stimulus. Beide Funktionen ermöglichen es Hörakustikern, einfacher und schneller einen höchst individualisierten Tinnitus-Masker für ihre Kunden zu erstellen, als es mittels manueller Einstellung der einzelnen Rauschbandpegel möglich wäre.

Audiogrammbasiertes Rauschen

Starkeys neue Funktion für audiogrammbasiertes Rauschen beseitigt Defizite des breitbandigen Rauschens mit kontinuierlichem Spektrum („weißes Rauschen“). Für die meisten Menschen mit einer Hörminderung ist ein Stimulus mit kontinuierlichem Spektrum aus meist zwei Gründen nicht optimal. Erstens enthält der Stimulus gegebenenfalls nicht genügend Schallenergie in den Frequenzbereichen, in denen diese Energie für eine möglichst wirksame Linderung des Tinnitus benötigt wird. Abbildung 2 zeigt zum Beispiel den Fall einer Person mit Hochtonsteilabfall und einem hochfrequentem Tinnitus, der einem 4 kHz Ton entspricht. Würde für diese Person ein Rauschen mit kontinuierlichem Spektrum („weißes Rauschen“)

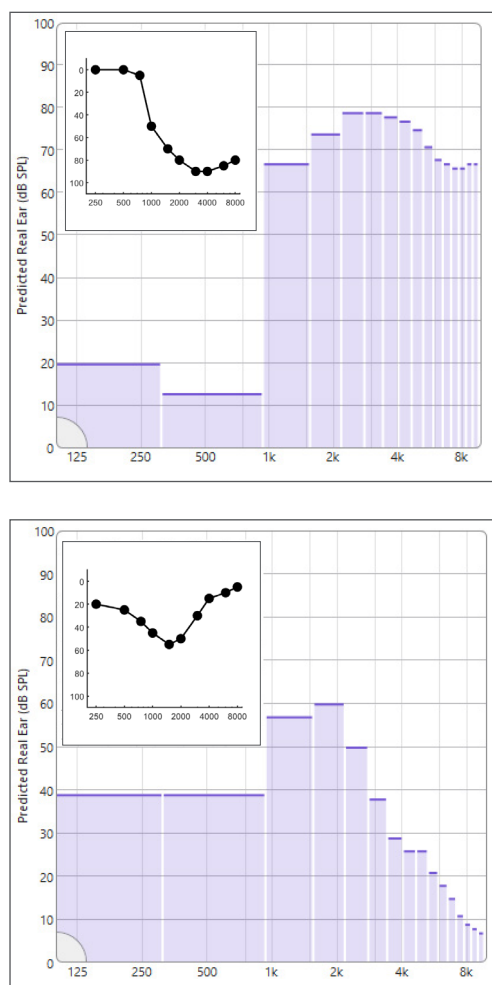


Abbildung 2. Beispiele für Audiogramme und die entsprechenden audiogrammbasierten Tinnitus-Stimuli. Oben: Hochtonhörverlust. Unten: Badewannen-Hörverlust.

verwendet, das 20 dB über der durchschnittlichen Hörschwelle (0,5, 1, 2 kHz) liegt, dann wären die der Tinnitus-Frequenz (4 kHz) am nächsten liegenden Rauschbänder deutlich unter der Hörschwelle und würden daher den Tinnitus nicht verdecken. Zweitens würde eine Erhöhung des Verdeckungspegels bis zu dem Punkt, an dem das 4 kHz Rauschband für den Patienten hörbar wird, dazu führen, dass das 1 kHz-Rauschband mehr als 40 dB über der Hörschwelle bei 1 kHz liegt, sodass der Masker vermutlich leise Umgebungsgeräusche verdecken würde und als zu laut empfunden würde. Das neue audiogrammbasierte Rauschen löst diese beiden Probleme, indem es die spektrale Form des Rauschens automatisch anhand der Form des

Audiogramms anpasst. Der Algorithmus stellt die Pegel der einzelnen Rauschbänder nicht in Relation zum Durchschnitt der Hörschwelle (0,5, 1, 2 kHz) ein, sondern in Relation zur Hörschwelle für die entsprechende (Bandmitten-) Frequenz. Dadurch entspricht die spektrale Form des Rauschens der des Audiogramms, mit mehr Schallenergie in den Frequenzen mit höherem Hörverlust als in den Frequenzen mit geringerem Hörverlust. Eine vorteilhafte Eigenschaft des resultierenden Stimulus ist, dass seine Frequenzbänder über alle Frequenzen etwa gleich gut hörbar sind. Dadurch besteht beim audiogrammbasierten Rauschen unabhängig von Tonhöhe und Klangfarbe des Tinnitus und unabhängig davon, ob der Tinnitus durch hochfrequente oder niederfrequente Geräusche verdeckt wird, eine größere Chance, den Tinnitus wirksamer zu verdecken, als bei einem Rauschen mit kontinuierlichem Spektrum (weißem Rauschen), selbst wenn der Empfindungspegel niedriger ist. Das Erstellen des Rauschens mittels Audiogramm lässt sich zudem einfach und schnell durchführen. Der Hörakustiker muss dazu lediglich die Option audiogramm basiertes Rauschen in der Anpass-Software auswählen.

Personalisierter Tinnitus-Stimulus

Diese zweite neue Funktion geht über die Einstellung des audiogrammbasierten Rauschens hinaus und ermöglicht eine weitere individuelle Anpassung der spektralen Form des Tinnitus-Maskers anhand entsprechender psychoakustischer Messwerte (Fournier et al., 2018; Henry et al., 2013; Vernon & Meikle, 2003). Übergeordnetes Ziel ist die Gestaltung eines Rauschens, das wirksam und effizient den Tinnitus maskieren kann. Um einen Tinnitus effizient zu maskieren, muss der Stimulus Schallenergie in den Frequenzbändern enthalten, die eine Maskierung bewirken und es dürfen auch nur die Frequenzbänder in den Stimulus aufgenommen werden, die für die Verdeckung des Tinnitus wirksam sind. Außerdem darf der Pegel in diesen Frequenzbändern nur so hoch sein, wie es für die Verdeckung erforderlich ist.

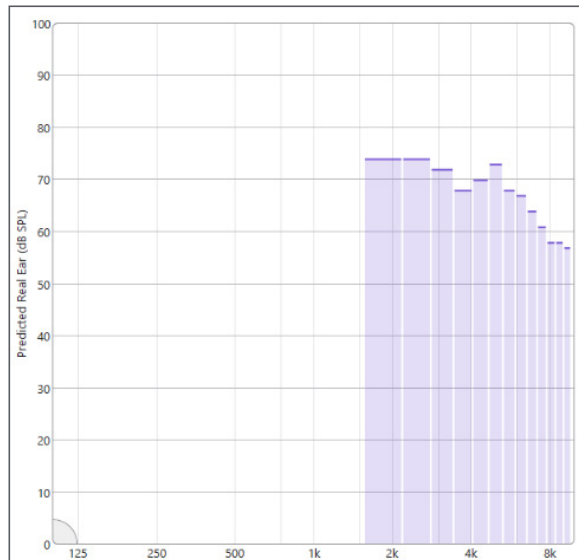
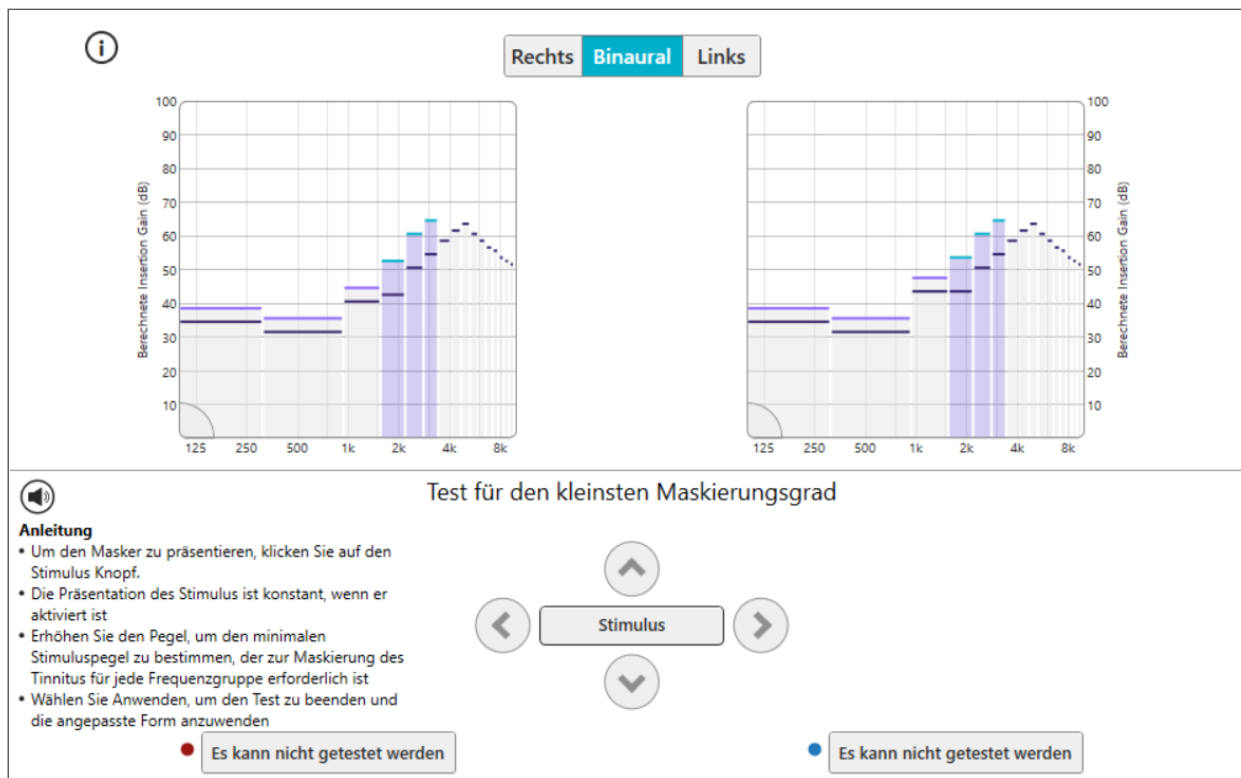


Abbildung 3. Personalisierungsfunktion (obere Grafik). Die Funktion liefert detaillierte Anweisungen zur Messung der Wahrnehmungsschwelle (Minimum Detection Level, MDL) und Maskierungsschwelle (Minimum Masking Level, MML) in drei Gruppen von Frequenzbändern (tief, mittel und hoch). Die untere Grafik zeigt ein Beispiel eines individuell angepassten Maskers, bei dem die mittleren und hohen Frequenzkanäle als die wirksamsten für die Verdeckung des Tinnitus ausgewählt wurden.

Diese Ziele können mithilfe zweier einfacher psychoakustischer Messwerte erreicht werden: die minimale Wahrnehmungsschwelle (Minimum Detection Level, MDL), also dem niedrigsten Pegel, bei dem der Kunde den Stimulus hören kann, und die minimale Maskierungsschwelle (Minimum Masking Level, MML), dem niedrigsten Pegel, bei dem der Tinnitus durch den

Stimulus verdeckt wird. Der für die Maskierung des Tinnitus erforderliche Stimuluspegel (MML) ist immer höher als der Pegel, bei dem der Stimulus gerade noch wahrnehmbar ist (MDL), sodass die als $MML - MDL$ berechnete Differenz (in dB) zwischen diesen beiden Messwerten (in dB SPL) positiv ist. Hohe Differenzen deuten auf einen

weniger effizienten Masker hin (es wird ein höherer Schallpegel über der Wahrnehmungsschwelle benötigt, um den Tinnitus zu maskieren), während geringere Differenzen einen effizienteren Masker zeigen. Das liefert einen einfachen Schlüssel für die Erstellung eines wirksamen und effizienten angepassten Tinnitus-Maskers: Frequenzbänder, für die die gemessene MML-MDL-Differenz gering ist, unterstützen eine wirksame und effiziente Verdeckung und müssen daher beibehalten werden; Frequenzbänder mit großer Differenz verdecken den Tinnitus nicht effizient und können aus dem Frequenzspektrum des Maskers ausgenommen werden.

Die Idee der Anpassung des Frequenzspektrums von Tinnitus-Maskern anhand psychoakustischer Messwerte wird in der Audiologie schon lange diskutiert. Einige Autoren haben vorgeschlagen, Messungen der Tonhöhe des Tinnitus für die Personalisierung von Tinnitus-Maskern heranzuziehen und zum Beispiel bandbegrenztes Rauschen mit einer Mittenfrequenz auf oder leicht unter der Frequenz des Tinnitus zu verwenden (Schad et al., 2018; Terry et al., 1983). Das stimmt mit Forschungsergebnissen überein, die eine wirksamere Verdeckung des Tinnitus und in manchen Fällen eine größere Linderung aufzeigen, wenn die Bandbreite des akustischen Stimulus die Tinnitusfrequenz enthält (McNeill et al., 2012). Eine praktische Schwierigkeit bei der Bestimmung des Maskers anhand der Tinnitusfrequenz ist, dass es den Patienten oft sehr schwer fällt, die Tonhöhe ihres Tinnitus zu bestimmen. Dadurch kann dieses Verfahren sehr zeitaufwendig werden und vor allem liefert die ermittelte Tinnitusfrequenz nicht immer einen zuverlässigen Hinweis darauf, welche Frequenzbänder am wirksamsten oder effizientesten den Tinnitus verdecken (Fournier et al., 2018). Wenn das audiologische Ziel ist, einen Masker auszuwählen, der wirksam und effizient den Tinnitus maskieren kann, dann lässt sich dieses Ziel am schnellsten durch die direkte Messung von MMLs und MDLs erreichen. In diesem Fall ist die Messung der Tinnitusfrequenz nicht erforderlich.

Die Stimulus-Individualisierung von Starkey ermöglicht das beschriebene Verfahren, also die Messung von MDLs und MMLs und die Synthese eines personalisierten Stimulus anhand dieser Messungen. Zu diesem Zweck führt sie den Hörakustiker und seinen Kunden durch eine Reihe einfacher Schritte. Im ersten Schritt wird der MDL für jede der drei Frequenzbandgruppen (tief, mittel und hoch) gemessen. Im zweiten Schritt wird der MML für dieselben drei Frequenzbandgruppen gemessen. Diese beiden Schritte erfordern die aktive Beteiligung des Hörakustikers und des Kunden. Für die MDL-Messungen fordert der Hörakustiker den Kunden auf, anzuzeigen, wenn er das über das Hörsystem generierte Rauschen hören kann. Der Hörakustiker ermittelt den MDL, indem er systematisch den Stimuluspegel erhöht oder senkt, wie bei einer Reintonaudiometrie, nur dass in diesem Fall der Stimulus ein Rauschband ist. Das Verfahren für die MML-Messungen ist ähnlich, nur dass der Kunde jetzt anzeigen muss, wenn das Rauschen seinen Tinnitus verdeckt. Die MDL- und MML-Messungen können je nach Art des Hörverlustes (z. B. symmetrisch oder asymmetrisch) und seitlicher Ausprägung des Tinnitus nur im linken bzw. rechten Ohr oder beidohrig durchgeführt werden. Bei stark asymmetrischem Hörverlust oder wenn der Tinnitus nur in einem Ohr auftritt oder sich zwischen linkem und rechtem Ohr unterscheidet, ist gegebenenfalls eine individuelle Messung und Anpassung sinnvoll. Der Hörakustiker muss unter Berücksichtigung der Empfehlungen des gewählten Tinnitusbehandlungsprogramms im Einzelfall entscheiden, ob ein Tinnitus-Masker ein- oder beidohrig angepasst wird. Die Messungen dauern in der Regel wenige Minuten. Nach Abschluss der Messungen versucht die Software, anhand der Ergebnisse automatisch einen wirksamen und effizienten Stimulus zu generieren. Der resultierende Stimulus kann vom Kunden angehört und bei Bedarf vom Hörakustiker angepasst werden. Die bewährten audiologischen Verfahren für die Anpassung von Tinnitus-Maskern

gelten natürlich auch hier: Der Hörakustiker muss sicherstellen, dass die Lautstärke des Stimulus im Einklang mit den Zielen der Hörtherapie (teilweise Maskierung, Mixing Point oder vollständige Maskierung) eingestellt ist und dass der Stimulus wirksam und akzeptabel für den Kunden ist. Die PTM-Richtlinien empfehlen, die Verwendung des Stimulus einzustellen, wenn unerwünschte Wirkungen (z. B. Verschlimmerung des Tinnitus) beobachtet werden.

In manchen Fällen eignen sich die Ergebnisse der MDL- und MML-Messungen nicht für die Bestimmung eines wirksamen und effizienten Maskers. Das kann vor allem dann der Fall sein, wenn für einige Frequenzgruppen kein MML gemessen werden konnte, weil die Bandpegel des Stimulus die zulässige Obergrenze erreicht haben, bevor der Tinnitus verdeckt wurde. Lautstärkegrenzen für den Tinnitus-Stimulus werden von den meisten Herstellern implementiert, um das Risiko zu begrenzen, dass es zu einem lärmbedingten Hörverlust kommt, weil der Tinnitus-Masker entgegen den Anweisungen des Hörakustikers mit zu hoher Lautstärke verwendet wird. Es ist sehr wichtig und wird zudem in PTM und TRT empfohlen, dass Hörakustiker ihre Kunden adäquat und individuell in der richtigen Verwendung des Tinnitus-Stimulus anleiten und die jeweiligen Merkmale eines Kunden (Alter, Hörverlust, Ursache, Schweregrad des Tinnitus und Linderungsbedarf, Einstellungen des Tinnitus-Stimulus, Lebensstil usw.) berücksichtigen, bevor sie ein mit dieser Funktion ausgestattetes Gerät aushändigen.

Fazit

Akustische Therapiemaßnahmen sind wichtige Bestandteile der meisten umfassenden Tinnitus-Behandlungsmethoden, wie der Tinnitus-Retraining-Therapie und Progressive Tinnitus Management. Auch der reine Ausgleich der Hörminderung kann Patienten mit Tinnitus schon helfen, aber eine zusätzliche akustische Stimulation durch einen Tinnitus-Stimulus oder „Masker“ kann vor allem in leisen Hörumgebungen (z. B. abends oder zuhause) zusätzliche Linderung bringen. Starkeys innovative Multiflex Tinnitus Pro-Technologie stellt Hörakustikern zwei neue Funktionen für die effiziente Anpassung eines höchst individualisierten Tinnitus-Stimulus bereit: (1) einen audiogrammbasierten Stimulus, dessen Spektrum anhand des Audiogramms eines Kunden angepasst wird, und (2) einen individuell angepassten Stimulus, dessen Spektrum anhand der gemessenen Wahrnehmungs- und Maskierungsschwellen (MDLs und MMLs) bestimmt wird. Diese beiden neuen Anpassungslösungen für die Tinnitus-Therapie sind zusätzlich zu Starkeys bewährter Stimulusfunktion mit „weißem Rauschen“ und der flexiblen mehrbandigen Multiflex Tinnitus-Technologie verfügbar, mit der Hörakustiker die Stimuluspegel in 16 Frequenzbändern individuell einstellen können. Mit diesen neuen Funktionen können Hörakustiker schnell und einfach personalisierte Tinnitus-Stimuli erzeugen, die in Tinnitus-Behandlungsmethoden eingesetzt werden können, wenn deren Hörtherapie-Komponente die Verwendung derartiger Stimuli vorsieht.

Referenzen

- Fournier, P., Cuvillier, A.-F., Gallego, S., Paolino, F., Paolino, M., Quemar, A., Londero, A., & Norena, A. (2018). A New Method for Assessing Masking and Residual Inhibition of Tinnitus. *Trends in Hearing*, 22, 2331216518769996. <https://doi.org/10.1177/2331216518769996>
- Frederick, M. (2014). Individual differences in outcomes of tinnitus intervention. https://starkeypro.com/pdfs/technical-papers/Individual_Differences_in_Outcomes_of_Tinnitus_Intervention.pdf
- Galster, E., A. (2012). Sound therapy for tinnitus: Multiflex Technology. https://starkeypro.com/pdfs/technical-papers/Tinnitus_White_Paper.pdf
- Galster, E., A. (2013). Clinical validation of Multiflex Tinnitus technology. <https://starkeypro.com/pdfs/technical-papers/Multiflex-Technology-Validation.pdf>
- Henry, J. A. (2016). Randomized control trial of hearing aids versus combination instruments for tinnitus therapy. https://starkeypro.com/pdfs/sas/Randomized_Controlled_Trial_of_Hearing_Aids_Versus_Combination_Instruments_for_Tinnitus_Therapy.pdf
- Henry, J. A., Frederick, M., Sell, S., Griest, S., & Abrams, H. (2015). Validation of a novel combination hearing aid and tinnitus therapy device. *Ear and Hearing*, 36(1), 42–52. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000093>

- Henry, J. A., Roberts, L. E., Ellingson, R. M., & Thielman, E. J. (2013). Computer-automated tinnitus assessment: Noise-band matching, maskability, and residual inhibition. *Journal of the American Academy of Audiology*, 24(6), 486–504. <https://doi.org/10.3766/jaaa.24.6.5>
- Henry, J. A., Schechter, M. A., Loois, C. L., Zaugg, T. L., Kaelin, C., & Montero, M. (2005). Clinical management of tinnitus using a “progressive intervention” approach. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 42(4 Suppl 2), 95–116. <https://doi.org/10.1682/jrrd.2005.01.0005>
- Henry, J. A., Stewart, B. J., Griest, S., Kaelin, C., Zaugg, T. L., & Carlson, K. (2016). Multisite Randomized Controlled Trial to Compare Two Methods of Tinnitus Intervention to Two Control Conditions. *Ear and Hearing*, 37(6), e346–e359. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000330>
- Jastreboff, P. J. (1990). Phantom auditory perception (tinnitus): Mechanisms of generation and perception. *Neuroscience Research*, 8(4), 221–254. [https://doi.org/10.1016/0168-0102\(90\)90031-9](https://doi.org/10.1016/0168-0102(90)90031-9)
- Jastreboff, P. J. (2000). Tinnitus Habituation Therapy (THT) and Tinnitus Retraining Therapy (TRT). In *Tinnitus handbook* (S. 357–376). Singular Publishing Group.
- Job, A., Jacob, R., Pons, Y., Raynal, M., Kossowski, M., Gauthier, J., Lombard, B., & Delon-Martin, C. (2016). Specific activation of operculum 3 (OP3) brain region during provoked tinnitus-related phantom auditory perceptions in humans. *Brain Structure & Function*, 221(2), 913–922. <https://doi.org/10.1007/s00429-014-0944-0>
- Langguth, B., Kreuzer, P. M., Kleinjung, T., & De Ridder, D. (2013). Tinnitus: Causes and clinical management. *The Lancet. Neurology*, 12(9), 920–930. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(13\)70160-1](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(13)70160-1)
- Lewis, R. M., Jahn, K. N., Parthasarathy, A., Goedicke, W. B., & Polley, D. B. (2020). Audiometric Predictors of Bothersome Tinnitus in a Large Clinical Cohort of Adults With Sensorineural Hearing Loss. *Otology & Neurotology: Official Publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, 41(4), e414–e421. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000002568>
- Maynard, C., Trivedi, R., Nelson, K., & Fihn, S. D. (2018). Disability Rating, Age at Death, and Cause of Death in U.S. Veterans with Service-Connected Conditions. *Military Medicine*, 183(11–12), e371–e376. <https://doi.org/10.1093/milmed/usy040>
- McNeill, C., Távora-Vieira, D., Alnafjan, F., Searchfield, G. D., & Welch, D. (2012). Tinnitus pitch, masking, and the effectiveness of hearing aids for tinnitus therapy. *International Journal of Audiology*, 51(12), 914–919. <https://doi.org/10.3109/14992027.2012.721934>
- Nondahl, D. M., Cruickshanks, K. J., Huang, G.-H., Klein, B. E. K., Klein, R., Nieto, F. J., & Tweed, T. S. (2011). Tinnitus and its risk factors in the Beaver Dam offspring study. *International Journal of Audiology*, 50(5), 313–320. <https://doi.org/10.3109/14992027.2010.551220>
- Noreña, A. J. (2011). An integrative model of tinnitus based on a central gain controlling neural sensitivity. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 35(5), 1089–1109. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2010.11.003>
- Noreña, A., Micheyl, C., Chéry-Croze, S., & Collet, L. (2002). Psychoacoustic characterization of the tinnitus spectrum: Implications for the underlying mechanisms of tinnitus. *Audiology & Neuro-Otology*, 7(6), 358–369. <https://doi.org/10.1159/000066156>
- Roberts, L. E., & Salvi, R. (2019). Overview: Hearing loss, tinnitus, hyperacusis, and the role of central gain. *Neuroscience*, 407, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2019.03.021>
- Schad, M. L., McMillan, G. P., Thielman, E. J., Groon, K., Morse-Fortier, C., Martin, J. L., & Henry, J. A. (2018). Comparison of acoustic therapies for tinnitus suppression: A preliminary trial. *International Journal of Audiology*, 57(2), 143–149. <https://doi.org/10.1080/14992027.2017.1385862>
- Terry, A. M., Jones, D. M., Davis, B. R., & Slater, R. (1983). Parametric studies of tinnitus masking and residual inhibition. *British Journal of Audiology*, 17(4), 245–256. <https://doi.org/10.3109/03005368309081485>
- Tyler, R. S., Noble, W., Coelho, C. B., & Ji, H. (2012). Tinnitus retraining therapy: Mixing point and total masking are equally effective. *Ear and Hearing*, 33(5), 588–594. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e31824f2a6e>
- Vernon, J. A., & Meikle, M. B. (2003). Tinnitus: Clinical measurement. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 36(2), 293–305, vi. [https://doi.org/10.1016/s0030-6665\(02\)00162-7](https://doi.org/10.1016/s0030-6665(02)00162-7)
- Weidt, S., Delsignore, A., Meyer, M., Rufer, M., Peter, N., Drabe, N., & Kleinjung, T. (2016). Which tinnitus-related characteristics affect current health-related quality of life and depression? A cross-sectional cohort study. *Psychiatry Research*, 237, 114–121. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2016.01.065>