

Über die Tinnitus-Notch- Therapie zur Behandlung des chronischen Tinnitus

PD Dr. Winfried Schlee

Was ist Tinnitus?

Der Begriff "Tinnitus" bezeichnet die bewusste Wahrnehmung eines Tones oder Rauschens, ohne dass hierfür eine Geräuschquelle vorhanden ist. Ein Großteil der Bevölkerung erlebt mindestens einmal im Leben einen solchen Tinnitus für kurze Zeit. Tritt der Tinnitus allerdings dauerhaft für mehrere Monate auf, spricht man von einem "chronischen Tinnitus". Etwa 5-20% der Bevölkerung berichtet von einem chronischen Tinnitus. In 1-2% der Fälle, ist der Betroffene so stark belastet, dass dies zu Schlaf- oder Konzentrationsstörungen führt, Depression oder Ängste auslöst. Schätzungen zufolge sind in Europa derzeit über 70 Millionen Menschen von einem Tinnitus betroffen.

Behandlungsformen

Es gibt derzeit keine Behandlung, die den Tinnitus in allen Fällen sicher heilen kann. Dennoch gibt es eine Reihe von Therapiemethoden, die zu einer Reduktion des Tinnitus beitragen und in Einzelfällen auch zu einem vollständigen Verschwinden des Tinnitus führen können. Mit dem Fortschreiten der Tinnitusforschung in den letzten Jahren wurden immer mehr Therapiemethoden entwickelt sowie bestehende Therapien verbessert. Die Vielzahl der Behandlungsmöglichkeiten können in folgende Kategorien zusammengefasst werden:

- Psychotherapie. Das Ziel der psychotherapeutischen Behandlung von Tinnitus besteht darin, die Aufmerksamkeit auf den Tinnitus zu reduzieren und dem Betroffenen beizubringen, wie er mit dem Tinnitus in seinem Alltag besser umgehen kann. Am häufigsten werden dabei Methoden der kognitiven Verhaltenstherapie eingesetzt, die in Einzelsitzungen, Gruppensitzungen oder auch übers Internet angewendet werden.
- Audiologische Behandlung. In der Audiologie stehen neben der Verwendung von Maskern bzw. Noisern auch die Anpassung von Hörgeräten, und in Fällen von besonderer Schwerhörigkeit auch die Implantation eines Cochlea-Implantats zur Verfügung. Bei Tinnituspatienten mit einem deutlichen Hörverlust kann die Verwendung von Hörgeräten oder eines Cochlea-Implantats den Tinnitus reduzieren und wird derzeit von vielen Leitlinien zur Tinnitusbehandlung empfohlen [1].

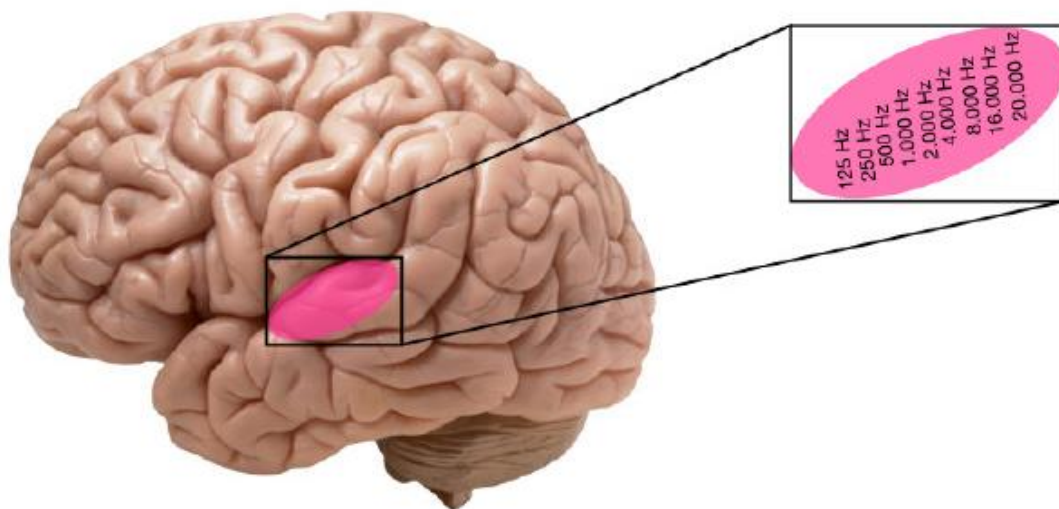
- Medikamentöse Behandlung. Zum aktuellen Stand gibt es kein Medikament, welches zur Tinnitusbehandlung zugelassen ist. Allerdings werden nicht selten Medikamente zur Behandlung der Begleitsymptome (z.B. bei Schlafstörungen oder Depression im Zusammenhang mit dem Tinnitus) eingesetzt.
- Akustische Stimulationen. Bei dieser Behandlungsform werden individualisierte akustische Reize eingesetzt, die den Tinnitus für kurze Zeit unterdrücken. Durch wiederholte Anwendung über einen langen Zeitraum soll erreicht werden, dass der Tinnitus dauerhaft leiser wird. Beispiele dieser Behandlung sind Coordinated Reset oder etwa die genotchte auditorische Stimulation, die nachfolgend genauer beschrieben wird.
- Neurostimulation. Hierbei kann man zwischen der invasiven Neurostimulation, bei der Elektroden in das Gehirn der Betroffenen implantiert werden, und der nicht-invasiven Neurostimulation wie z.B. transkranieller Magnetstimulation oder transkranieller elektrischer Stimulation unterscheiden. In beiden Fällen wird versucht, die elektrische Aktivität der betroffenen Gehirnareale so zu verändern, dass der Tinnitus reduziert wird.
- Weitere Behandlungsformen wie z.B. Neurofeedback sowie Kombinationen der oben genannten Behandlungen befinden sich aktuell in der Entwicklung und Forschung.

In den folgenden Kapiteln soll auf die Tinnitus-Notch-Therapie als eine Form der akustischen Stimulation besonders eingegangen werden. Zunächst werden die neurobiologischen Grundlagen der Tonotopie und der lateralen Inhibition erklärt. Aus diesen Zusammenhängen wird klar, warum die akustische Stimulation mit genotchten Tönen den Tinnitus unterdrücken kann. Anschließend wird auf verschiedene Anwendungsformen und deren Befunde eingegangen sowie mögliche Weiterentwicklungen in der Zukunft diskutiert.

Was ist Tonotopie?

Bis es zu einer bewussten Wahrnehmung eines Geräusches kommt, wurde dieses Geräusch in einem mehrstufigen Prozess im Ohr und im zentralen auditorischen Nervensystem analysiert. Bereits in der Cochlea findet eine Frequenzanalyse statt, wobei die Haarzellen in der Nähe der Basis auf hohe Frequenzen reagieren und die

Haarzellen an der Spitze der Cochlea durch Geräuschanteile von tiefer Frequenz ausgelenkt werden. Diese Auftrennung von Frequenzanteilen bleibt über alle Stufen der weiteren Verarbeitung erhalten. Im auditorischen Kortex werden tiefe Frequenzen auf der lateralen Seite des auditorischen Kortex verarbeitet, während höhere Frequenzen die Neuronen an medialen Orten aktivieren. Diese räumliche Ordnung der Frequenzen im Gehirn wird als "Tonotopie" bezeichnet (Abb. 1).



Quelle: <https://www.flickr.com/photos/flamephoenix1991/8376271918>

Abbildung 1: Die Verarbeitung der verschiedenen Frequenzen im Gehirn findet – wie abgebildet – nach einer festgelegten Ordnung statt. Diese Ordnung wird Tonotopie genannt.

Dabei ist wichtig zu wissen, dass diese tonotope Ordnung auch veränderbar ist. Wenn z.B. durch ein Knalltrauma die cochleären Haarzellen in einem bestimmten Frequenzbereich geschädigt sind, regeneriert das zentralauditorische System, indem es sich an diesen Hörverlust anpasst und die tonotope Ordnung verändert. Dabei schrumpfen die Bereiche, die für die Verarbeitung der geschädigten Frequenzen zuständig waren, während die Areale, welche für die Verarbeitung der ungeschädigten Nachbarfrequenzen zuständig waren, entsprechend größer werden. Dies führt letztendlich dazu, dass die Frequenzen in unmittelbarer Nachbarschaft zu den durch das Knalltrauma geschädigten Frequenzen überrepräsentiert sind. Die daraus resultierende ungleiche Verteilung der Frequenzen im auditorischen Nervensystem wird oft als ursächlich für den Tinnitus gesehen.

Was ist laterale Inhibition?

Die laterale Inhibition ist eine der grundlegenden neurobiologischen Mechanismen im Gehirn. Mit dem Mechanismus der lateralen Inhibition wird die Aktivität von Nervenzellen im Verhältnis zu den Nervenzellen der unmittelbaren Nachbarschaft geregelt. Dieser Mechanismus lässt sich auch sehr gut am Beispiel des Löwenzahns erklären: Der Löwenzahn hat ein effizientes System entwickelt, um andere Pflanzen in unmittelbarer Nachbarschaft effektiv zu unterdrücken und so selbst stärker zu wachsen. Der Löwenzahn breitet dabei seine Blätter in alle Richtungen aus, legt sie möglichst breit auf den Boden und nimmt damit den Nachbarpflanzen das Licht. Die konkurrierenden Pflanzen werden so am Wachstum gehemmt und der Löwenzahn kann sich selbst stärker ausbreiten.

Im Gehirn geht es nicht um Licht, sondern um elektrische Signale. Aber auch hier geht es für die Neurone darum, die direkten Nachbarn zu hemmen, um selbst stärker zu sein. Hierfür gibt es ein Verschaltungsprinzip, welches die Nervenaktivität der Nachbarneurone unterdrückt und mit dem Fachbegriff der "lateralen Inhibition" bezeichnet wird. In Abbildung 2 sind drei verschiedene Neurone dargestellt. Oben befinden sich die Dendriten, an denen das elektrische Signal ankommt und nach unten weitergeleitet wird. Exemplarisch dargestellt sind auch jeweils zwei kleine Seitenarme, die in Richtung der Nachbarneurone wachsen. Diese sind zur Hemmung der benachbarten Nervenzelle da. An deren Ende wird jeweils ein inhibitorisches Interneuron aktiviert, welches eine hemmende Funktion ausführt und das elektrische Signal des Nachbarneurons reduziert. Letztendlich führt dieses Verschaltungsprinzip dazu, dass sich die Nervenzelle, die am stärksten aktiviert ist, gegenüber ihren Nachbarn noch stärker durchsetzen kann.

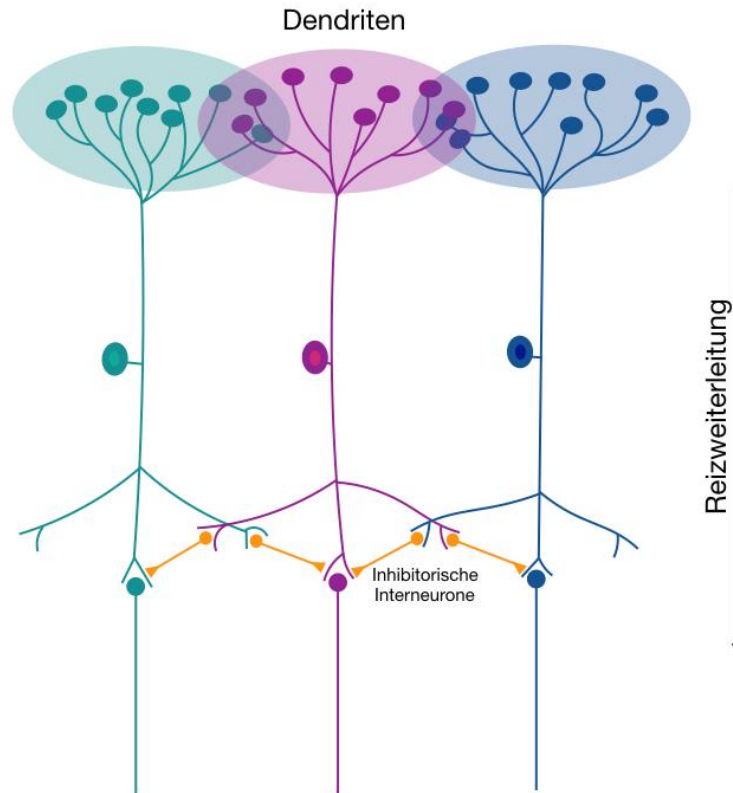


Abbildung 2: Der Grundgedanke der Tinnitus-Notch-Therapie ist die laterale Inhibition (seitliche Hemmung). Kleine Seitenarme an den Nervenzellen können hemmend auf die benachbarte Nervenzelle einwirken, indem sie inhibitorische Interneurone aktivieren. Die am stärksten aktivierte Nervenzelle setzt sich somit durch.

Der Trick mit dem gefilterten Signal

Die Behandlung mit der Tinnitus-Notch-Therapie macht sich das Prinzip der Tonotopie und den Mechanismus der lateralen Inhibition in cleverer Weise zu Nutze. In Abbildung 3 wird dieses Prinzip grafisch erklärt: In der ersten Zeile ist die tonotopie Anordnung im auditorischen Kortex dargestellt. Im pink markierten Bereich liegen die Nervenzellen, die Tonfrequenzen im Bereich der Tinnitusfrequenz verarbeiten - wir nennen sie hier kurz "Tinnituszellen". In den direkten Nachbarbereichen liegen Nervenzellen, deren Tonfrequenzen knapp über bzw. knapp unter der Tinnitusfrequenz liegen ("Nachbarzellen").

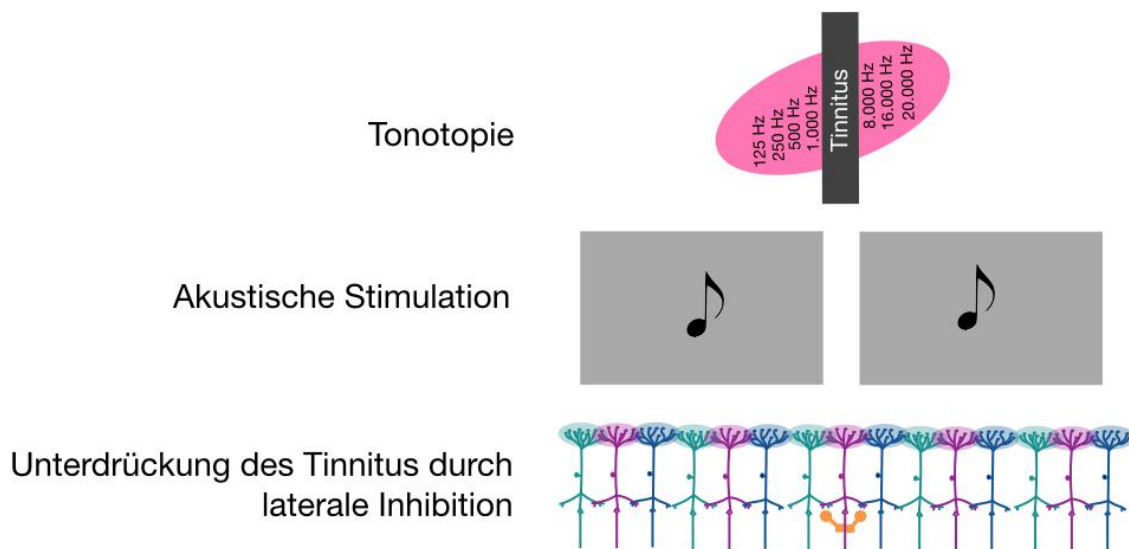


Abbildung 3: Tonotopie, akustische Stimulation und laterale Inhibition, das sind die Mechanismen, welche der Tinnitus-Notch-Therapie zugrunde liegen. Die Tinnitusfrequenz wird scharfkantig aus dem Stimulus herausgefiltert. Somit hemmen die stimulierten Nachbarzellen die Aktivität der nicht stimulierten „Tinnituszellen“.

Für die Behandlung der Tinnitus-Notch-Therapie muss nun zunächst die Tinnitusfrequenz so genau wie möglich bestimmt werden. Anschließend wird ein akustischer Stimulus generiert, bei dem die individuelle Tinnitusfrequenz scharfkantig herausgefiltert wird. Dieser Stimulus enthält also alle Tonfrequenzen außer den Tinnitusfrequenzen.

Die "Tinnituszellen" werden durch das gefilterte Signal nicht aktiviert, während die Nachbarzellen durchaus aktiviert werden. Über den Mechanismus der lateralen Inhibition können die "Nachbarzellen" die "Tinnituszellen" hemmen, was dazu führt, dass die Aktivität der Tinnituszellen während der Stimulation reduziert wird.

Ein wesentlicher Bestandteil der Tinnitus-Notch-Therapie ist die regelmäßige und dauerhafte Anwendung. Der Patient muss möglichst täglich für längere Zeit das gefilterte Signal anhören, um so dauerhafte Veränderungen im Gehirn zu bewirken. Das menschliche Gehirn besitzt die Fähigkeit, sich an neue Gegebenheiten anzupassen und versucht durch ständige Veränderung, die notwendigen Aufgaben immer besser und effizienter auszuführen. Wenn durch die tägliche auditorische Stimulation mit dem gefilterten Signal das Gehirn nun ständig dazu angeregt wird, die "Tinnituszellen" zu hemmen, wird es versuchen, diese

Aufgabe immer besser und effizienter auszuführen. Dafür wird es die oben beschriebenen Seitenarme verstärken, die Schaltzellen zwischen den Nervenzellen ausbauen und so ihre Effizienz erhöhen. Die Behandlung mit der Tinnitus-Notch-Therapie kann somit dauerhaft die Mechanismen verstärken, die zur Hemmung des Tinnitus genutzt werden können.

Anwendungsformen für den alltäglichen Einsatz und Befunde zur Wirksamkeit

Es gibt derzeit zwei Anwendungsformen der Tinnitus-Notch-Therapie, die für den alltäglichen Einsatz für die Tinnituspatienten zur Verfügung stehen. In der neuen Generation der Signia Hörgeräte ist die Tinnitus-Notch-Therapie bereits integriert. Der Hörakustiker muss nur noch die Tinnitusfrequenz des Patienten bestimmen und kann dann die individualisierte Behandlung starten. Dabei wird die Tinnitusfrequenz aus den Alltagsgeräuschen herausgefiltert und von den Hörgeräten nicht verstärkt, während alle anderen Frequenzen im Bereich der Hörminderung durch die Hörgeräte in gewohnter Weise verstärkt werden. Der Vorteil dieser Behandlungsform besteht darin, dass die Patienten keine weitere Zeit für eine Tinnitusbehandlung investieren müssen. Wer die Hörgeräte regelmäßig trägt, macht diese Zeit automatisch zur Behandlung gegen den Tinnitus.

Eine zweite Anwendungsform besteht in der sogenannten Tailor-Made Notched Music Therapy. Bei dieser Behandlungsform kann sich der Patient seine Lieblingsmusik aussuchen, die dann entsprechend gefiltert wird. Die so gefilterte Musik sollte der Patient möglichst täglich und über lange Zeit hören, so dass es auch hier zu dauerhaften Veränderungen im auditorischen Kortex kommt. Der Vorteil dieser Behandlungsform besteht darin, dass sie auch angewendet werden kann, wenn der Tinnituspatient noch kein Hörgerät trägt oder wenn der Tinnitus in sehr hohen Frequenzen liegt, die sich außerhalb des Frequenzbereichs der Hörgeräte befinden.

Die erste empirische Untersuchung zur Tailor-Made Notched Music Therapy wurde im Jahre 2010 von Okamoto und Kollegen veröffentlicht [2]. Bei einer Behandlungsdauer von 12 Monaten hat sich die Tinnituslautstärke signifikant reduziert, während in der Plazebo-Gruppe über den selben Zeitraum keine

Verbesserung beobachtet werden konnte. Seit dieser ersten Studie gab es einige weitere Untersuchungen bei denen verschiedene Parameter variiert wurden und zum besseren Verständnis der Behandlung beigetragen haben. So hat sich z.B. gezeigt, dass Studien mit einer Behandlungsdauer von weniger als 6 Monate nur selten zu einer signifikanten Tinnitusreduktion führen [3,4,5]. Außerdem konnte man feststellen, dass sich die Tinnitusfrequenz im Laufe der Behandlung verändern kann, was eine Anpassung des Notches notwendig macht. Mit all diesen Erkenntnissen steht die Forschung aber dennoch erst am Anfang und es wird noch viele weitere Forschungsarbeiten brauchen bis der Wirkmechanismus mit all seinen Einflussfaktoren vollständig verstanden ist. Im Laufe dieses Forschungsprozesses können wir auf weitere Optimierungen hoffen.

Was Sie als Hörakustiker beachten sollten:

- Bei dauerhafter Anwendung der Tinnitus-Notch-Therapie kann der Tinnitus deutlich reduziert werden. Allerdings braucht diese Veränderung meist eine lange Behandlungsdauer. Sie sollten ihren Patienten für eine Behandlungsdauer von mindestens 6 Monaten motivieren.
- Aktuell eignet sich die Tinnitus-Notch-Therapie nur bei Patienten mit einem tonalen Tinnitus oder bei einem Tinnitus in schmalbandigem Frequenzbereich.
- Im Laufe der Behandlung kann sich die Tinnitusfrequenz verändern. Bei einer solchen Veränderung ist es möglich, dass die Tinnitusfrequenz in höhere oder tiefere Frequenzbereich abwandert. Bitte weisen Sie ihre Patienten darauf hin. Sobald sich die Tinnitusfrequenz deutlich verändert, sollte auch der Frequenz-Notch dementsprechend angepasst werden.



Dr. Schlee ist Leiter der Graduiertenschule "European School for Interdisciplinary Tinnitus Research (ESIT)", bei der die Firmen Bee Group, Brain Products, Cochlear, Del Bo Technologia, Medien LB, Pinpoint Scotland, Sensorion, Sivantos, Sonormed, und Soterix als Partner beteiligt sind. Von der Firma Sivantos erhielt er Honorare für Vorträge und die Erstellung dieses Manuskripts.

Literatur

- [1] Fuller, T. E. et al. Different Teams, Same Conclusions? A Systematic Review of Existing Clinical Guidelines for the Assessment and Treatment of Tinnitus in Adults. *Front. Psychol.* 2017: 8, 301–15.
- [2] Okamoto, H., Stracke, H., Stoll, W. & Pantev, C. Listening to tailor-made notched music reduces tinnitus loudness and tinnitus-related auditory cortex activity. *Proc Natl Acad Sci USA* 2010: 107, 1207–1210.
- [3] Stein, A. et al. Clinical trial on tonal tinnitus with tailor- made notched music training. *BMC Neurology* 1–17 (2016).
- [4] Teismann, H., Okamoto, H. & Pantev, C. Short and Intense Tailor-Made Notched Music Training against Tinnitus: The Tinnitus Frequency Matters. *PLoS ONE* 6, e24685 (2011).
- [5] Strauss, D. J., Corona-Strauss, F. I., Seidler, H., Haab, L., & Hannemann, R. (2017). Notched environmental sounds: a new hearing aid-supported tinnitus treatment evaluated in 20 patients. *Clinical Otolaryngology*, 42(1), 172-175.